

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PISA**

**Facoltà di Medicina e Chirurgia**



**Scuola di Specializzazione in Anestesia,**

**Rianimazione e Terapia Intensiva**

**Direttore: Prof Francesco Giunta**

**L'USO DEI TUBI ENDOTRACHEALI CUFFIATI E NON  
CUFFIATI IN ANESTESIA GENERALE PEDIATRICA:  
REVISIONE CRITICA DEI DATI IN LETTERATURA  
E RISULTATI DI UNO STUDIO DI COORTE SU  
PAZIENTI PEDIATRICI NEUROCHIRURGICI.**

**Relatore: Prof Francesco Giunta**

**Correlatore: Dr Leonardo Bussolin**

**Candidato: Dr Elena Di Pietro**

**Anno Accademico 2015/2016**

## INDICE

<b>1. Ringraziamenti.....</b>	<b>4</b>
<b>2. Introduzione.....</b>	<b>5</b>
<b>3. La storia.....</b>	<b>7</b>
<b>4. Sviluppi recenti e “caduta di un mito”.....</b>	<b>10</b>
<b>5. Sizing del tubo endotracheale in pediatria.....</b>	<b>14</b>
<b>6. Argomenti contrari all’ uso dei tubi cuffiati in pediatria.....</b>	<b>24</b>
<b>7. Metodologia della ricerca bibliografica.....</b>	<b>29</b>
• Complicanze post estubazione.....	31
• Costi.....	46
• Differenze in base al tipo di tubo endotracheale.....	48
• Monitoraggio dei parametri respiratori.....	52
• Inquinamento ambientale.....	54
• Margine di sicurezza al posizionamento.....	59
• Numero di reintubazioni.....	62
• Pressione intracuffia.....	64
• Incidenza di aspirazione.....	66
• Specifiche applicazioni.....	69
• Ventilazione meccanica a basi flussi.....	71
<b>8. Risultati della revisione sistematica.....</b>	<b>73</b>

<b>9. Valutazione clinica: studio preliminare prospettico.....</b>	<b>74</b>
• Metodi.....	52
• Risultati.....	75
• Discussione.....	77
<b>10.Conclusioni.....</b>	<b>80</b>
<b>11.Bibliografia.....</b>	<b>82</b>

## **Ringraziamenti**

Vorrei ringraziare il Professor Francesco Giunta per l'introduzione a questo campo di ricerca, per il suo aiuto e i consigli.

Sono grata al Dottor Leonardo Bussolin, Direttore dell' Unità Operativa di Neuroanestesia/Neuroranimazione Ospedale Pediatrico Meyer di Firenze e al dottor Francesco Venneri, Neurochirurgo presso l' Ospedale Meyer, per il sostegno, l'incoraggiamento, la pazienza e la critica costruttiva durati tutto il periodo della mia ricerca. Senza il loro aiuto i risultati ottenuti non sarebbero stati raggiunti.

Ringrazio la mia famiglia che non mi ha mai fatto mancare il supporto materiale e morale.

Grazie infine alla Dottoressa Roberta Silipo e alla Dottoressa Germana Tuccinardi per l' amicizia che ci lega.

## **INTRODUZIONE**

L'uso dei tubi non cuffiati è stato da oltre 50 anni il gold standard dell'intubazione tracheale nel bambino al di sotto degli 8 anni di età.

Nell'adulto la pratica dell'intubazione endotracheale cominciò a svilupparsi negli anni '20 del secolo scorso, ma la disponibilità sia delle tecniche che degli strumenti utilizzabili nel paziente pediatrico non si ebbero che a partire dagli anni '60.

La regola che veniva insegnata, e che si poteva ritrovare nella maggior parte dei testi di anestesia pediatrica, era rappresentata dal principio che l'uso dei tubi tracheali cuffiati doveva essere assolutamente evitato nel bambino al di sotto dei 5-8 anni di età.

L'analisi della più recente bibliografia sull'argomento rivela che questo principio non è applicato in modo globale, ha basi empiriche piuttosto che scientifiche e può essere considerato come un "mito" tramandato dell'anestesia pediatrica. E' proprio per questo motivo che, in letteratura, a partire dagli anni 2001 in poi, è comparsa una grande quantità di editoriali e reviews, indicanti il notevole interesse sull'argomento [1,2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10].

Gli argomenti contro l'uso dei tubi cuffiati nel bambino sembravano comunque possedere degli elementi logici fondati sulla considerazione di base che la porzione più stretta delle vie aeree

pediatriche è rappresentata dall' anello cricoideo. Era opinione corrente che la laringe avesse una forma ad imbuto che, durante lo sviluppo, assumeva gradualmente una forma cilindrica con la rima della glottide che diventava il tratto più ristretto delle vie aeree. Il lume dell' anello cricoideo, l'unica porzione completamente rigida delle vie aeree, era descritto come circolare.

Tali aspetti anatomici sono stati recentemente messi in discussione.

I primi studi riguardanti la laringe del bambino furono condotti su preparati cadaverici e risalgono alla fine dell'800 [11, 12] [Figg. 1 e 2] e sono stati i risultati di tali studi che hanno condizionato i concetti teorici ed il conseguente management delle vie aeree pediatriche. Da allora, è stato da tutti accettato il presupposto che la laringe del bambino *“ha una forma ad imbuto con il punto più stretto situato a livello dell'estremità inferiore della laringe”*. Con lo sviluppo, la laringe assume gradualmente la forma cilindrica dell'adulto.

[illegible]

Fig. 2 – Pubblicazione storica di JE Eckenhoff

# ANESTHESIOLOGY

The Journal of  
THE AMERICAN SOCIETY OF ANESTHESIOLOGISTS, INC.

---

---

Volume 12

JULY, 1951

Number 4

---

---

## SOME ANATOMIC CONSIDERATIONS OF THE INFANT LARYNX INFLUENCING ENDOTRACHEAL ANESTHESIA\*

JAMES E. ECKENHOFF, M.D.

*Philadelphia, Pennsylvania*

Received for publication October 10, 1950

THE endotracheal technic of administering anesthetic agents to infants and children is being employed with increasing frequency. Anesthesiologists trained in pediatric anesthesia are more often than not likely to consider this technic the one of choice for general anesthesia. Leigh and Belton (1) mentioned using the endotracheal route in over 50 per cent of their anesthetics. At the Children's Hospital of Philadelphia the method is used in over 65 per cent of all anesthetics. There the technic is employed most often with the newborn (98 per cent of all infants two weeks of age or less) and somewhat less frequently with older age groups. It is obvious from these statistics that it is believed the advantages far outweigh the disadvantages of the method.

The successful and innocuous intubation of the infant larynx and trachea requires an intimate knowledge of the anatomy of these structures, since in many respects they differ from those of the adult. Failure to recognize such variations can lead to laryngeal trauma and edema and even to death, as will be described in one of the accompanying case reports. The difficulties encountered generally are different from those described in adults by Dwyer, Kronenberg and Saklad (2). The purpose of the present paper is to describe the major anatomic differences of the infant larynx from the viewpoint of the anesthesiologist and to discuss their significance. Figure 1 is presented as a guide to the terminology used in the report.

\* From the Department of Anesthesiology, Children's Hospital of Philadelphia and Hospital of the University of Pennsylvania, and the Harrison Department of Surgical Research, University of Pennsylvania School of Medicine, Philadelphia, Pennsylvania.

In realtà, la descrizione di Eckenhoff [12] della laringe pediatrica, considerata dalla totalità degli anestesisti la pietra miliare sull'argomento, non era il risultato di suoi studi originali, ma era



quella scritta oltre mezzo secolo prima da Bayeux [11]. Nel 1897, Bayeux propose la sua classica descrizione basandosi su sezioni anatomiche e calchi ricavati da laringi di cadaveri di bambini di età tra i 4 mesi ed i 14 anni. E' importante sottolineare che Eckenhoff affermò, dimostrando però una certa cautela, che *“le misurazioni non potevano forse essere completamente applicabili al vivente”*. E' molto probabile che i tessuti molli laringei prossimali alla rigida cartilagine cricoidea abbiano potuto stirare e, quindi, deformare e modificare il calco dell'anello cricoideo cartilagineo [13].

## **SVILUPPI RECENTI E “CADUTA DI UN MITO”**

Nel 2003, Litman et al. [14] pubblicarono uno studio sulle dimensioni laringee di 99 bambini, di età da 0 a 14 anni, sottoposti a sedazione profonda endovenosa in ventilazione spontanea per l'esecuzione di risonanza magnetica. Il suddetto studio dimostrò che la conformazione della laringe pediatrica è cilindrica con la porzione più stretta rappresentata dalla rima della glottide e tale aspetto rimane costante durante tutto il periodo dello sviluppo.

In un successivo studio, Dalal et al. [15] confermarono le conclusioni di Litman, presentando dei dati di grande interesse riguardanti le dimensioni laringee in 128 pazienti pediatrici, di età da 6 mesi a 13 anni, sottoposti ad indagine broncoscopia apneica in anestesia generale con miorisoluzione.

Quindi, secondo queste pubblicazioni, che rivoluzionano le convinzioni e le nozioni possedute fino ad ora, il tratto anatomico più stretto delle vie aeree è rappresentato dalla rima della glottide sia nell'adulto che nel bambino, anche se l'anello cricoideo rimane il tratto più stretto dal punto di vista funzionale. Tale aspetto è di importanza basilare per gli anestesisti pediatrici, specialmente per quanto riguarda l'individuazione di quale potrebbe essere la zona a

maggior rischio di danno ischemico della laringe in seguito ad intubazione tracheale.

Un altro importante elemento che deriva dai suddetti studi è costituito dalla conferma che l'anello cricoideo non è circolare, ma ellissoidale. Quindi un tubo tracheale, che ha una sezione perfettamente circolare, tenderà ad alloggiarsi posteriormente e difficilmente determinerà una perfetta tenuta, a meno che non sia sovradimensionato. Ciò può comportare un'elevata pressione sulle zone posterolaterali della cricoide, con conseguente possibile ischemia, e una mancata tenuta in corrispondenza della sua parte anteriore [13]. La conoscenza di questi dati fornisce un ulteriore presupposto riguardante la scelta di tubi non cuffiati che abbiano un diametro esterno inferiore rispetto a quello calcolato.

Un' ulteriore ragione per non usare tubi tracheali cuffiati nel paziente pediatrico era rappresentata dal fatto che il diametro selezionato è inferiore a quello dei tubi non cuffiati per rendere agevole il passaggio della cuffia attraverso la glottide con conseguente sensibile aumento della resistenza al flusso in caso di anestesia in ventilazione spontanea [16].

Un altro argomento a sfavore dei tubi cuffiati era basato su precedenti case reports di lesione laringea e/o tracheale causati dalle

cuffie ad alta pressione e basso volume iperinsufflate in seguito a prolungata intubazione in terapia intensiva [17, 18].

La tendenza attuale sull'uso più diffuso del tubo tracheale cuffiato nel bambino dimostra una diversa realtà. Come riportato in seguito, un certo numero di studi su popolazioni numericamente significative ha dimostrato che l'uso del tubo cuffiato è associato ad una ridotta incidenza di stridore post-estubazione. Oltre a ciò, la comparsa relativamente recente di tubi dotati di cuffia sottile, ad alto volume e bassa pressione, ha permesso una minore pressione potenziale sulla mucosa della cricoide, garantendo nel contempo la tenuta da parte della cuffia stessa in corrispondenza della trachea superiore resa distensibile dalla presenza degli anelli incompleti posteriormente. Con tali cuffie, la tenuta è assicurata con una pressione intracuffia inferiore a 15 mmHg, cioè inferiore a  $20\text{ cmH}_2\text{O}$ , *che è ritenuto il valore della pressione di perfusione capillare*.

Inoltre, la superficie anteriore dell'inestensibile anello cricoideo è rivestita di tessuto connettivo areolare lasso che è particolarmente esposto alla formazione dell'edema conseguente a compressione ischemica della mucosa da parte di un tubo sovradimensionato. La compressione continua della mucosa provoca ulcerazione che si estende al pericondrio. A questo segue la produzione di fibre collagene, quindi fibrosi con stenosi finale. Un tubo

sovradimensionato può determinare anche altre conseguenze patologiche, come lo sviluppo di cisti duttali e formazioni membranose a carico delle corde vocali [19].

L'incidenza di stenosi laringo-tracheale nel paziente pediatrico è aumentata con l'incremento dell'uso dell'intubazione tracheale, con percentuali variabili da 0.7% a 8% [20, 21, 22, 23, 24, 25].

Per minimizzare il trauma laringeo e tracheale, sono stati sempre più preferiti e selezionati tubi tracheali non cuffiati nei bambini al di sotto di 8 anni di età. In seguito, è stato osservato che tale trauma si può verificare con l'uso di tubi sia cuffiati che non cuffiati, particolarmente se sovradimensionati [26, 27].

Un altro meccanismo che può causare il trauma della parete tracheale anteriore è identificato anche nelle ripetute collisioni conseguenti ai movimenti “up and down” del tubo tracheale non cuffiato, per la sua minore aderenza e fissità.

## **SIZING DEL TUBO ENDOTRACHEALE IN PEDIATRIA**

*La pressione di perfusione mucosa capillare tracheale nell'adulto varia in un range da 25 a 30 mmHg [28, 29]. Si ritiene che tale valore sia simile anche nel bambino, benché ciò non sia stato dimostrato. Quindi, al fine di ridurre le forze di compressione sulla mucosa tracheale, si ipotizza che la pressione intracuffia dovrebbe essere mantenuta con un valore massimo di 25 mmHg (o 34 cmH<sub>2</sub>O, dato che 1 mmHg = 1.36 cmH<sub>2</sub>O e 1 cmH<sub>2</sub>O = 0.7 mmHg) [30, 31].*

La scelta di una misura appropriata del tubo nel paziente pediatrico dovrebbe essere tale da facilitare la ventilazione controllata, limitando il trauma laringeo e tracheale. A questo scopo, sono state proposte alcune formule per il calcolo del diametro interno del tubo tracheale [Tab. I], tenendo comunque presente che non esiste una stima ideale.

Tab. I – Formule per il calcolo della misura del tubo tracheale in pediatria.

**NEONATO** (diametro del tubo/età gestazionale  
(settimane) < 0.1) [32]

2.5 (< 1 kg)

3.0 (1-2 kg)

3.5 (> 2 kg)

**ETA' > 1 ANNO**

**Tubo tracheale non cuffiato**

Modified Cole formula [16, 33]

ID (mm) = age (yrs)/4 + 4

Morgan and Steward formula [34]

ID (mm) = 16 + age (yrs)/4

**Tubo tracheale cuffiato**

Motoyama formula [16]

$$ID \text{ (mm)} = \text{age (yrs)}/4 + 3.5$$

Khine formula [35]

$$ID \text{ (mm)} = \text{age (yrs)}/4 + 3$$

Duracher C et al [36] hanno verificato, su 204 pazienti pediatriche sottoposti ad anestesia generale e ventilazione meccanica, l'uso della formula di Khine nel calcolo del diametro più appropriato di tubo cuffiato nel bambino. Gli autori hanno concluso che tale formula sottostima il diametro del tubo cuffiato di circa 0.5 mm, raccomandando così l'uso della formula di Motoyama [16].

Un metodo molto diffuso per la determinazione della misura più adeguata del tubo tracheale nel bambino è il “**leak test**”, rappresentato dalla dimostrazione di una perdita di gas ad una pressione positiva inspiratoria mediante ascoltazione con fonendoscopio posizionato sulla faccia anteriore del collo [37].

Questo tipo di approccio dimostra che la mucosa tracheale non viene compressa eccessivamente dal tubo e/o dalla cuffia e viene eseguito con la chiusura della valvola del circuito di anestesia. Questo fa sì



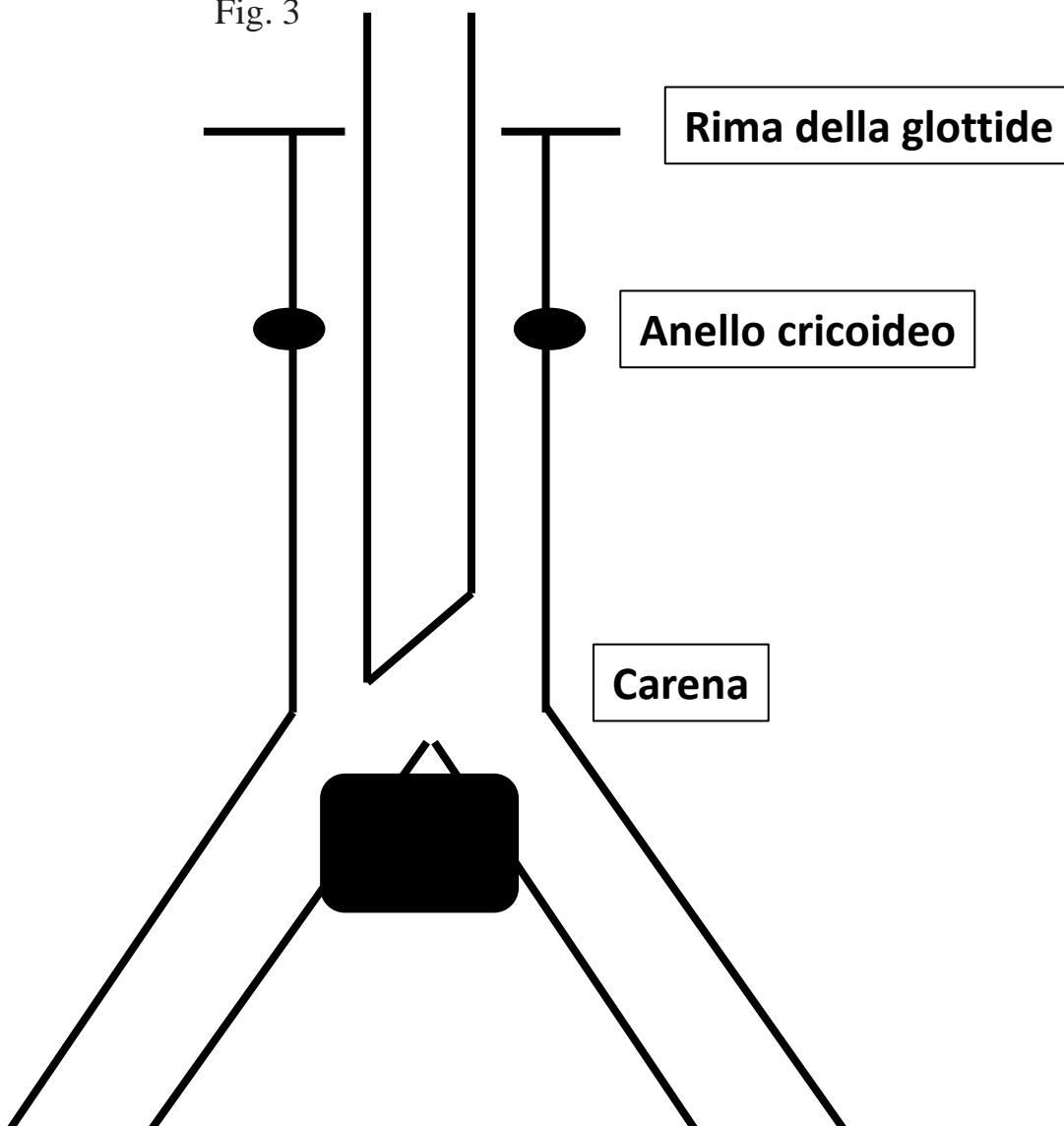
che la pressione delle vie aeree aumenti lentamente fino a raggiungere un valore a livello del quale si comincia a udire la perdita d'aria. Una perdita d'aria ad un basso valore di pressione (per esempio meno di 10 mmHg) può indicare che il tubo tracheale è troppo piccolo per quel paziente, mentre l'assenza di perdita d'aria ad una pressione superiore a 25 mmHg può essere troppo largo con conseguente compressione, rischio di ischemia e danno della mucosa. Tale metodo è il più adeguato per avere la sicurezza che il tubo non comprima eccessivamente la mucosa.

La perdita d'aria può non essere evidente immediatamente dopo l'intubazione e si manifesta usualmente con l'aumento della profondità dell'anestesia o se viene cambiata la posizione della testa [38]. Nella maggior parte dei tubi cuffiati il bordo superiore della cuffia corrisponde al margine superiore del marker di profondità dei tubi non cuffiati. Inoltre, i markers di profondità di differenti tipi di tubo cuffiato non sono presenti o sono situati ad un livello troppo alto [39]. Così, la cuffia potrebbe posizionarsi in modo inappropriato tra le corde vocali o anche in corrispondenza dello spazio sottoglottico se il tubo è posto ad una profondità calcolata in base all'età del paziente. La posizione ideale della cuffia dovrebbe essere situata sotto l'anello cricoideo in corrispondenza degli anelli

tracheali per evitare il trauma mucoso sottoglottico e le sue sequele [Fig. 3].

Se il tubo è posizionato al di sotto dell'anello cricoideo e la cuffia è troppo lunga, si corre il rischio di realizzare un'intubazione endobronchiale. Per garantire che la cuffia non sia posta a livello della glottide, ma sull' anello cricoideo, la cuffia stessa deve essere breve ed il tubo privo dell'occhio di Murphy.

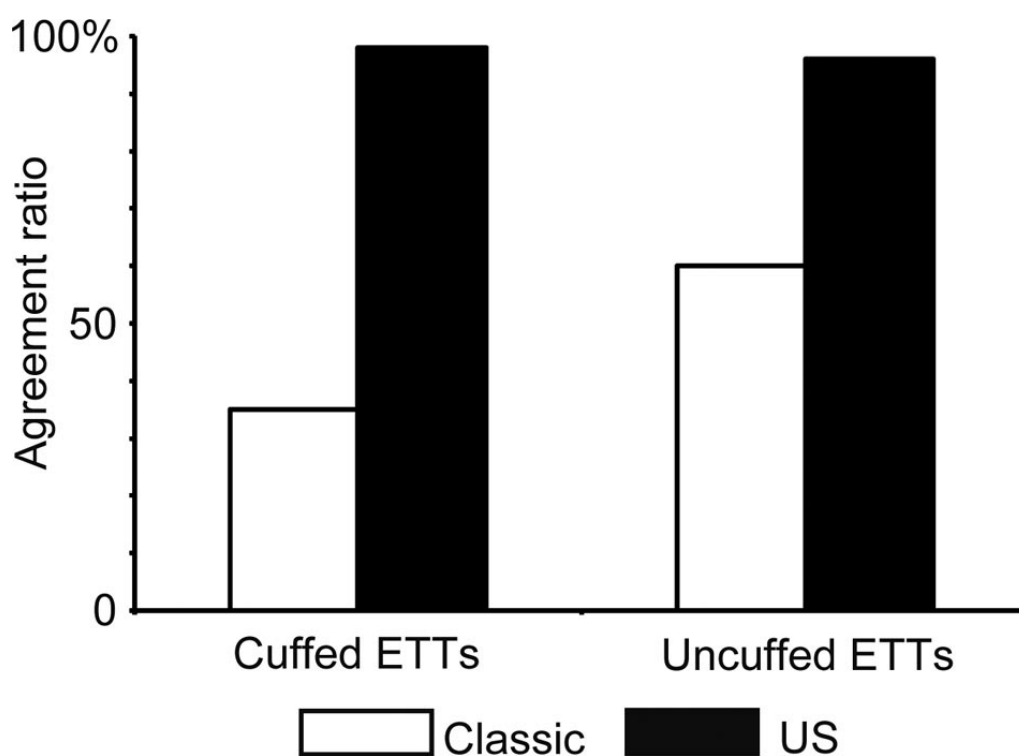
Fig. 3



La stabilità fornita dalla presenza della cuffia riduce sensibilmente i movimenti del tubo, con tendenza a tenere sollevata la punta del tubo rispetto alla parete tracheale e a permettere una posizione più centrale del tubo stesso all'interno dell'anello cricoideo. Tutto questo contribuisce a ridurre ulteriormente il rischio di trauma delle vie aeree [40].

Shibasaki M et al [41] hanno proposto l'uso della ecografia per stabilire con maggior precisione il diametro appropriato di tubo tracheale cuffiato e non. L' agreement ratio calcolato dimostra una più precisa capacità di previsione significativamente superiore con il metodo ecografico, confrontato alle formule descritte in Tab. 1 [Fig. 4].

Fig. 4



Come già precedentemente detto, i profili delle vie aeree e del tubo tracheale sono differenti e sono tali che i punti in cui può essere esercitata una maggiore pressione sono rappresentati dalla mucosa della zona postero-laterale della laringe e della trachea. Questo è in accordo con il dato che la maggior parte delle lesioni sottoglottiche associate con l'uso dei tubi non cuffiati sono posteriori, a differenza di quelle tracheali che sono più frequentemente anteriori perché legate ai movimenti della punta del tubo che urta così contro alla parete.

Dati questi aspetti anatomici, si può concludere che l'applicazione di una pressione nelle vie aeree di 20 mmHg può impedire il contatto del tubo tracheale con la mucosa tracheale anteriore, mentre può risultare ancora elevata in corrispondenza della faccia posteriore del tratto sottoglottico. L'uso di un tubo cuffiato potrebbe permettere la scelta di una misura più piccola, riducendo così il rischio di danno a livello laringeo. La presenza altresì della cuffia allontana la punta del tubo dalla parete tracheale anteriore, riducendo così anche in questo caso il rischio di possibile danno [1].

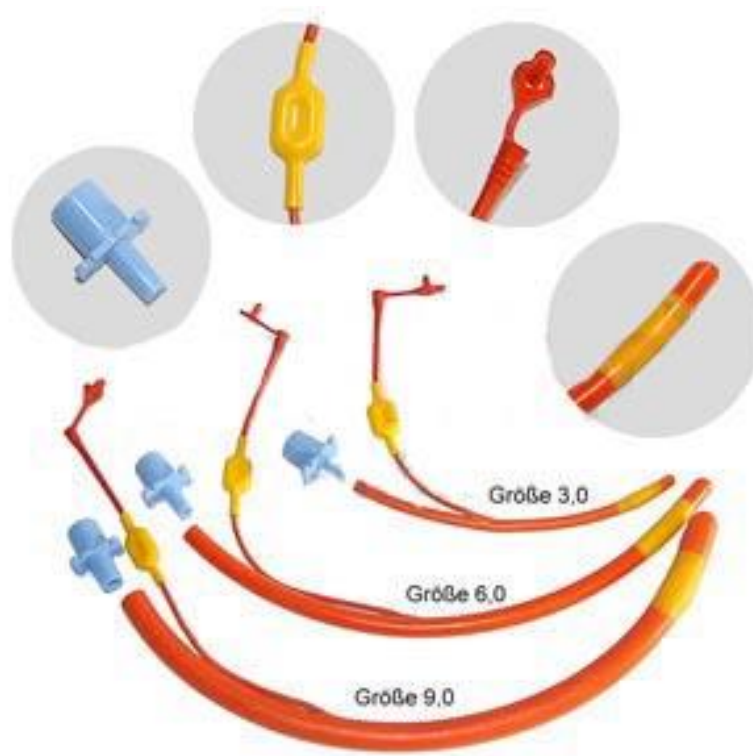
Durante anestesia con protossido di azoto nel paziente pediatrico, Felten et al. [42] hanno osservato che la pressione nella cuffia aumenta principalmente nei primi 105 minuti di ventilazione meccanica. Quindi, gli autori conclusero che la pressione intracuffia

è imprevedibile dopo insufflazione con aria e che sono richieste numerose aspirazioni dalla cuffia stessa per mantenere la pressione al suo interno inferiore a 25 mmHg nel caso venga usato protossido di azoto.

Una particolare attenzione deve essere presa quando si proceda a sgonfiare la cuffia, per la successiva formazione di pieghe e lembi che potrebbero essere responsabili di lesione della mucosa attraverso un'azione di taglio durante i movimenti respiratori. Per questo motivo, la desufflazione della cuffia dovrebbe essere effettuata soltanto appena prima dell'estubazione [43].

Indubbiamente, la prima generazione di tubi endotracheali fatti di gomma rossa con cuffia ad alta pressione e basso volume [Fig. 5] possedeva una potenziale lesività per la laringe e la trachea sia negli adulti che nei bambini, talvolta con conseguente grave danno ed importanti sequele a lungo termine (ad esempio, necessità di tracheotomia permanente).

Fig. 5



La successiva comparsa di tubi costituiti da materiali plastici meno irritanti con cuffie ad alto volume e bassa pressione ha risolto tali problematiche nell'adulto, rendendo così il tubo tracheale cuffiato lo standard universale per tale popolazione di pazienti [5].

Un caso peculiare è costituito dai pazienti pediatrici sottoposti a intervento cardiocirurgico (soprattutto i casi trattati con bypass cardiopolmonare) nei quali il monitoraggio respiratorio richiede una buona tenuta delle vie aeree per permettere accurate misurazioni del consumo di ossigeno e della produzione di anidride carbonica. Questa categoria di pazienti rappresenta una ben distinta popolazione

ad alto rischio a causa dei lunghi periodi di bassa perfusione quando il bypass viene applicato. In tali casi, il circolo capillare mucoso può essere seriamente compromesso nella zona della trachea a contatto con la cuffia. Tuttavia, nonostante che questi pazienti siano ovviamente soggetti a danno mucoso ischemico, in casistiche numerose di pazienti sottoposti a follow-up prolungato, non sono stati identificati casi di gravi complicazioni a carico delle vie aeree attribuibili alla cuffia [44]. Ovviamente ciò non esclude l'esistenza di lesioni minori, ma rappresenta un valido argomento nella discussione contro l'uso dei tubi tracheali cuffiati [5]. I rari case reports di lesione delle vie aeree per l'uso di un tubo cuffiato erano da condurre ad inappropriata gestione e ad inadeguata attrezzatura [43, 45].



Tubo cuffiato e tubo non cuffiato

## **ARGOMENTI CONTRO L'USO DEI TUBI CUFFIATI IN PEDIATRIA**

Holzki et al [46] sono tra i più determinati oppositori all'uso dei tubi tracheali cuffiati in pediatria. Essi affermano che lo stridore, l'indicatore più frequentemente utilizzato, non è adeguato al fine di identificare il trauma mucoso tracheale e sottoglottico e che le complicazioni delle vie aeree dovrebbero essere valutate con l'endoscopia respiratoria. Tali autori evidenziano che i sintomi da lesione delle vie aeree possono non essere presenti immediatamente, benché non sia chiaro se essi propongono di sottoporre tutti i bambini ad endoscopia dopo l'estubazione. In ogni caso, anche se una stenosi sottoglottica necessita di un periodo di tempo per manifestarsi clinicamente, è presumibile che i pazienti con tale situazione tornino all'osservazione e conseguentemente vengano sottoposti ad approfondimenti diagnostici (endoscopia). Wiel E et al sottolineano l'importanza delle concomitanti patologie che riducono la pressione di perfusione capillare mucosa e consigliano in tali casi di procedere ad un follow-up endoscopico respiratorio [26].

Holzki et al [46] hanno inoltre raccolto e presentato una serie di immagini di trauma delle vie aeree in pazienti pediatriche secondarie ad intubazione tracheale, sebbene non sia assolutamente chiaro che



tipi di management fossero associati a tali lesioni. Gli autori riportano un marcato incremento dell'incidenza di grave trauma delle vie aeree nel loro ospedale in coincidenza con l'uscita dell'articolo di Khine et al. del 1997 [35]. Essi affermano, **talvolta con modalità leggermente autoreferenziali**, che avvertimenti sui rischi dell'uso dei tubi cuffiati nei bambini erano apparsi ripetutamente in letteratura. In realtà, si trattava di sporadici case reports, anche particolarmente datati. Tali allarmanti aspetti non sono mai comparsi nella ormai ampia letteratura sull'argomento e **sembra del tutto improbabile che tale marcato incremento di trauma delle vie aeree pediatriche, se avvenuto altrove, non sia stato mai riportato dall'esperienza internazionale.**

Holzki et al [46] hanno documentato numerosi casi di lesione laringea in bambini sottoposti ad intubazione con tubo tracheale cuffiato e, in accordo con le loro convinzioni, l'incidenza di trauma delle vie aeree è elevata, con l'82% di tali casi correlato all'uso di tubi tracheali eccessivamente larghi, piuttosto che riguardante il tipo di tubo.

Comunque, **nessuno studio ha dimostrato che un tubo tracheale cuffiato, confrontato con uno non cuffiato, comporta un maggior rischio di complicanze delle vie aeree, purché venga scelta una**

appropriata misura e venga monitorizzata la pressione intracuffia [37].

Tab. 2 – Vantaggi e svantaggi sull'uso dei tubi tracheali cuffiati e non cuffiati in pediatria.

### **TUBI NON CUFFIATI**

<b>VANTAGGI</b>	<b>SVANTAGGI</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Una perdita a 20–25 cmH<sub>2</sub>O può indicare una minima pressione mucosa</li> <li>- Diametro interno più largo in base all'età:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Minore resistenza al flusso</li> <li>• Aspirazione più facile</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tasso elevato di sostituzione del tubo:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ripetute laringoscopie</li> <li>• Aumento dei costi</li> </ul> </li> <li>- Trauma delle vie aeree:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• I tubi sovradimensionati esercitano un'eccessiva pressione sulla mucosa della cricoide</li> <li>• I tubi sottodimensionati determinano movimenti potenzialmente lesivi sulle vie aeree</li> </ul> </li> <li>- Perdita d'aria:</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoraggio respiratorio impreciso</li> <li>• Ossigenazione e ventilazione inaffidabili</li> <li>• Alti flussi di gas</li> <li>• Alti consumi di gas</li> <li>• Inquinamento ambientale</li> <li>• Rischio di aspirazione polmonare</li> </ul>
--	--

### **TUBI CUFFIATI**

<b>VANTAGGI</b>	<b>SVANTAGGI</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tenuta del tubo endotracheale per mezzo della cuffia</li> <li>- Volume della cuffia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diametro interno più piccolo: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentata resistenza al flusso</li> </ul> </li> </ul>

<p>facilmente regolabile</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso di bassi flussi gassosi e riduzione del consumo e dei costi dei gas anestetici utilizzati</li> <li>- Minore diametro esterno:</li> <li>• Minore pressione sulla mucosa cricoidea</li> <li>- Ridotto rischio di aspirazione</li> <li>- Migliore monitoraggio ventilatorio e respiratorio, specialmente nelle situazioni con bassa compliance polmonare</li> <li>- Riduzione del numero di sostituzioni del tubo</li> <li>• Ridotti costi</li> <li>• Minor numero di laringoscopie per reintubazione</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aspirazione più difficile</li> <li>- Trauma delle vie aeree:</li> <li>• Ischemia della mucosa</li> <li>- Necessità di monitoraggio della pressione della cuffia</li> <li>- Difetti qualitativi di disegno del tubo</li> <li>- Minore margine di sicurezza al posizionamento del tubo</li> <li>- Costo unitario maggiore</li> </ul>
---	---

## METODOLOGIA DELLA RICERCA BIBLIOGRAFICA

La ricerca della letteratura sull'uso dei tubi tracheali cuffiati e non cuffiati in età pediatrica è stata condotta in accordo con la metodologia Cochrane [47].

Sono stati utilizzati tre database, PubMed, Cochrane Collaboration e Primo Central, usando le seguenti keywords: *pediatric endotracheal intubation, cuffed endotracheal tube, uncuffed endotracheal tube, pediatric age group*. Sono state incluse solo pubblicazioni ricavate da riviste peer-reviewed.

Tutti i primary outcomes e study-design sono stati catalogati e valutati.

Sono stati selezionati 57 studi da un gruppo iniziale di 239 pubblicazioni.

Sono stati considerati i seguenti primary outcomes:

- 1) **Complicanze post-estubazione**, come stridore, laringospasmo, edema e stenosi sottoglottica
- 2) **Costi economici**
- 3) **Differenze in base al tipo di tubo endotracheale**
- 4) **Monitoraggio dei parametri respiratori**
- 5) **Inquinamento ambientale**
- 6) **Margine di sicurezza al posizionamento**

- 7) Tasso di reintubazione**
- 8) Pressione intracuffia**
- 9) Incidenza di aspirazione**
- 10) Specifiche applicazioni**
- 11) Ventilazione meccanica a bassi flussi**

## 1) COMPLICANZE POST-ESTUBAZIONE

Tab. 3 - Studi su tubi tracheali non cuffiati

Autore	Rivista	Anno	Tipo di studio	Outcome	N° Pz	Complic.	Età	Setting
Puhakka HJ et al. [89]	Acta Pediatri Scand	1990	Cohorte  Osservazionale  con endoscopia	SSG	2.500	31 p  1.24 %	0-13 m	ICU
Stamm D et al. [90]	Arch Fr Pediatri	1992	Cohorte  Osservazionale  con endoscopia	SSG	1006	12 p  1.5 %	5m-7aa	ICU
Contencin P et al. [91]	Arch Otolaryng Head Neck Surg	1993	Cohorte  multicentrico	Stridor	247	5 p  2%	0-1 m	ICU
Grundfast KM et al. [92]	Ann Otol Rhinol Laryng	1990	Prospettico  osservazionale  con endoscopia	SSG	159	3 p  1.9 %	Media  5.7 giorni	ICU
Parkin et al. [93]	Ann Otol Rhinol Laryng	1976	Retrospektivo	SSG	292	15 p  5.1 %	Neonati	ICU
Strong RM et al. [25]	Arch Otolary	1977	Retrospektivo	SSG	88	5 p  5.7	Neonati	ICU

	ngol					%		
Papsidero MJ et al. [22]	Ann Otol Rhinol Laryng	1980	Retrospettivo	SSG	562	30 p  5.3 %	Neonati	ICU
Sherman JM et al. [32]	J Pediatr	1986	Prospettico	SSG	102	10 p  9,8 %	Neonati	ICU
Nicklaus PJ et al [21]	Laryng oscope	1990	Prospettico	SSG	289	7 p  2.4 %	Neonati	ICU
Litman RS et al. [49]	Anesth esiol.	1991	Prospettico	Stridor	5589	0.1 %	7m-9aa	OR
Parkin JL et al. [50]	Ann Otol	1976	Retrospettivo	SSG	603	15 p  2.5 %	Neonati	ICU
Black AE, et al. [24]	Br J Anaesth	1990	Retrospettivo	Stridor  SSG	2791	Stri dor 44p  1.5 %  SS G 0	Da $\geq$ 28 gg a $\leq$ 10 aa	ICU
Koka BV	Anesth	1977	Prospettico con	Stridor	7875	80	Da < 1 anno a	ICU



et al [51]	Analg		gruppo controllo			pz 1%	17 aa	
Ratner I et al [23]	Am J Dis Child	1983	Retrospektivo	SSG	1767	8 pz 0.45 %	Neonati basso peso	ICU
Battersby EF et al. [48]	Anaesthesia	1977	Retrospektivo	SSG Stridor	435	SS G 0 Stridor 21 pz 4.8 %	0 – 5 aa	ICU
Suzumura H et al [52]	Pediatr Int	2000	Retrospektivo	SSG	62	7 pz 11.3 %	Neonati	ICU

SSG = Stenosi Sottoglottica

L'analisi degli studi riportati in Tab. 1, quindi riguardanti popolazioni in età neonatale con utilizzo di tubo non cuffiato, sembra consentire le seguenti conclusioni:

- probabilmente la causa della SSG è multifattoriale;
- i principali fattori favorenti lo sviluppo di SSG sono rappresentati dal diametro del tubo, dalla durata dell'intubazione, dalla frequenza dei cambi di tubo e dall'infezione correlata alla presenza del tubo tracheale;
- un altro fattore favorente lo sviluppo di SSG nei neonati sembra essere rappresentato dal tipo di intubazione, oro- o nasotracheale. Ratner I et al [23] sottolineano come questa complicazione non fu osservata nei primi 3 anni dell'osservazione durante i quali fu praticata soltanto l'intubazione per via nasotracheale; la stessa conclusione è riportata da Battersby et al [48];
- la bassa incidenza di SSG in alcune ICU rende difficile raggiungere numeri sufficienti per ricavare correlazioni significative utili nel riconoscimento delle cause;
- la letteratura riguarda prevalentemente popolazioni neonatali in terapia intensiva;
- le pubblicazioni di Black et al [24] e di Koka BV et al [51] sono di particolare interesse in quanto considerano popolazioni di pazienti

non solo neonatali, ma fino ad oltre 10 anni (Black) e a 17 anni (Koka), con una suddivisione in fasce d'età;

- nella casistica di Black, lo stridore non è mai insorto nel gruppo neonatale e nel 25% del gruppo fino ad 1 anno. Non sono stati osservati casi di SSG;

- la pubblicazione di Kokamerita dedica un'analisi per lo study design e per la numerosità della popolazione esaminata. Viene rilevata un'incidenza maggiore di stridore nella fascia di età compresa da 1 a 4 anni. Il dato sorprendente e senza spiegazione è la bassa incidenza di stridore nei pazienti al di sotto di 1 anno (Fig. 6). Infine, vengono presi in esame i possibili fattori che possono influenzare l'insorgenza di stridore (Fig.7). Si può notare che il fattore che predispone in misura maggiore all'insorgenza di stridore post-estubazione è rappresentato dai cambiamenti di posizione e non dalla durata dell'intubazione, come risulta in gran parte della letteratura.

Fig. 6 – Rapporto tra l'età e la comparsa di stridore post-estubazione.

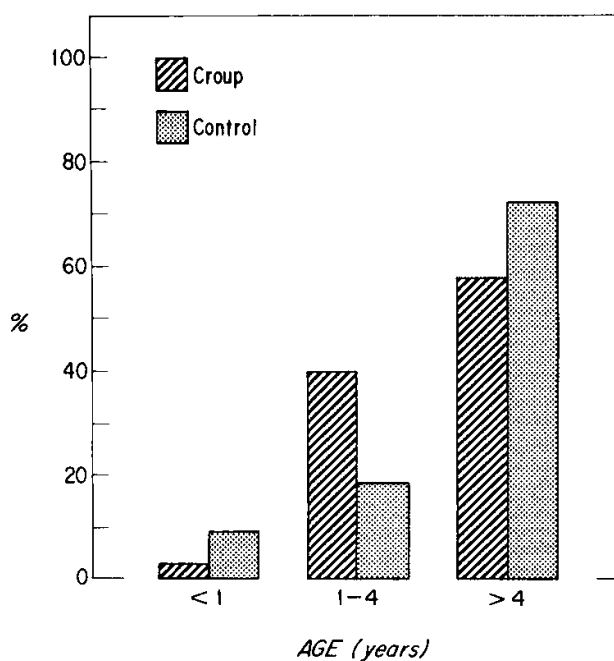
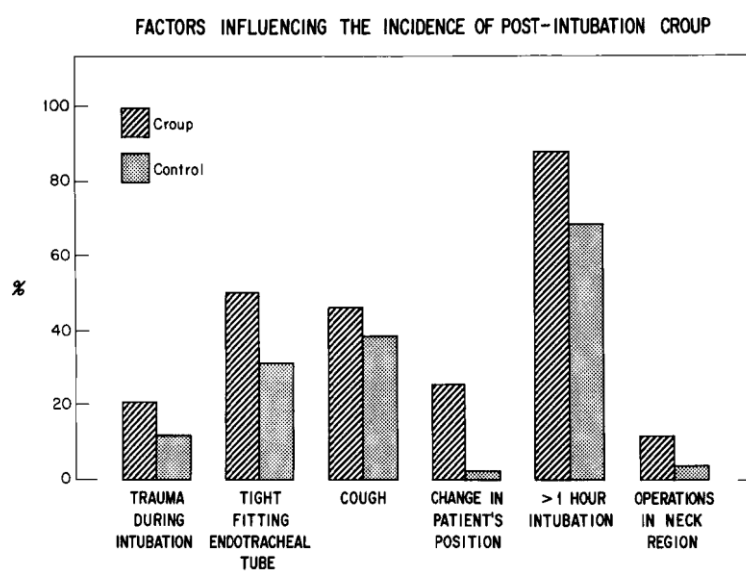


Fig. 7 – Fattori potenzialmente favorenti la comparsa di stridore post-estubazione.



- la pubblicazione di Suzumura H et al [52] appare di particolare rilevanza in quanto è l'unica a correlare l'insorgenza di SSG con la presenza di infezione in una popolazione di neonati sottoposti ad intubazione tracheale per un periodo superiore a 14 giorni. Le conclusioni dello studio è che l'infezione delle vie aeree deve essere considerata un importante fattore di rischio per lo sviluppo di SSG. Per tale motivo, la prevenzione dell'infezione può ridurre l'incidenza di SSG;

- Gould SJ et al [53], in uno studio condotto su autopsie, affermano che il danno sottoglottico si instaura fin dalle prime fasi dell'intubazione tracheale. Inoltre, dimostrano che la lesione è un evento frequente e la guarigione di solito avviene durante la seconda e terza settimana dalla manovra di intubazione e malgrado la permanenza del tubo tracheale. Lo studio suggerisce che le lesioni di grado elevato rappresentano una complicanza che si instaura in fase precoce e che la durata dell'intubazione non è probabilmente responsabile nel determinare una SSG.

Tab. 4 - Studi su tubi tracheali cuffiati

Autore Rivista Anno Tipo di studio Outcome N° pz complicanze Età Setting

Newth CJL et al [54]	J Pedia tr	2004	Prospettico Confronto cuff vs no cuff	Stridor	860	Nessuna differenza tra i due gruppi	1 g – 30 aa	ICU
Murat I [55]	Paed Anaes t	2001	Report prospettico	SOG Stridor	5435 di cui 3434 < 8 aa e 904 <1a	0 0	0-8 aa	OR
Weiss M et al [56]	Br J Anaes t	2009	Multicentrico prospettivo randomizzato controllato	Stridor	2246	Nessuna differenza tra i due gruppi	0-5 aa	OR
Deakers TW et al [57]	J Pedia tr	1994	Prospettico Confronto cuff vs no cuff	Stridor	243	Nessuna differenza tra i due gruppi	8.08 media nel gruppo cuff 2.53 media nel gruppo non cuff	ICU
Khine	Anest	1997	Prospettico	Stridor	488	Nessuna	0-8aa	OR

HH et al [35]	hesiol		randomizzato  controllato cuff vs non cuff			differenza tra i due gruppi	Gruppi omoge nei	
Magh- soudi B et al [58]	Med J Islam ic Rep Iran	2010	Prospettico  Confronto cuff  vs no cuff	Stridor	128	<  incidenza di stridore nel gruppo non cuff legata apparente mente ai numerosi cambi di tubo	0-8aa	OR
Mhanna MJ et al [59]	Crit Care Med	2002	Retrospettivo	Stridor	105	< 7aa la perdita d'aria ha una bassa sensibilità nel predire lo stridore ≥ 7 aa può predire lo stridore		ICU
Calder A et al [60]	Paed Anaes t	2011	Prospettico  cuff vs non cuff	Faringo dinia	500	111(22%)  con faringodini a, di questi 19% cuff e	3-16 aa	OR

						37% non cuff		
Bordet F et al [61]	Paed Anaes st	2002	Prospettico	Compli cazioni respirat orie generic he	891		6.6 aa±5.1	OR
Dillier CM et al [43]	Can J Anest h	2004	Case report	Danno laringe o sotto forma di web (membr ana)	1	-	13 m	OR
Sathy- armoort hy MK et al [62]	Anest hesiol	2013	Small case serie	Stridor e	3		28 sett 30 sett Neonat o a termine	OR
Mossad E et al [44]	J Cardi othor ac Vasc Anest h	2009	Retrospettivo	SSG	783	17 p 2.2%	< 2 aa	OR



- Le pubblicazioni sull' uso del tubo cuffiato in pediatria sono più recenti e qualitativamente superiori rispetto a quelle sull' utilizzo dei tubi non cuffiati;
- una rilevante criticità che appare nell'analisi degli studi è il range molto ampio di età. A tal proposito, la maggior parte delle casistiche non è ordinata secondo fasce di età;
- di particolare interesse è il dato “setting” rappresentato sia dalla sala operatoria, e quindi da popolazioni sottoposte ad intubazione tracheale in anestesia generale per periodi di tempo limitati, [55, 56, 35, 58, 60], sia dalla terapia intensiva pediatrica, e quindi da pazienti intubati e mantenuti in anestesia generale prolungata [57, 59];
- lo stridore viene considerato come principale indicatore di complicanza post-estubazione. Ci sono limiti all'attendibilità dello stridore come principale segno di danno laringeo, subglottico o tracheale correlato al tubo tracheale, dato che la sua diagnosi è soggettiva, anche quando vengono usati scale di punteggio. A tal proposito, come già precedentemente riportato, Holzki et al [46] ritengono che lo stridore post-estubazione non sia un indice di lesione delle vie aeree scientificamente valido. Tali autori affermano che le lesioni post-estubazione si possono sviluppare anche a

distanza e senza che sia presente stridore; tuttavia, se ciò fosse vero, dovremmo ammettere che il danno stesso non venga preceduto da una fase iniziale di edema che, secondo l'esperienza e le conoscenze fisiopatologiche, deve essere comunque presente e responsabile, nella maggioranza dei casi, dello stridore; di tale principio, ne è dimostrazione che l'uso di epinefrina racemica per via aerosolica risolve lo stridore nelle casistiche studiate e questo trattamento rappresenta un ulteriore indice specifico dell'esistenza di edema sottoglottico;

- dai suddetti studi, appare che non sia giustificata ulteriormente la controindicazione all'uso del tubo tracheale cuffiato nel bambino sotto gli 8 anni di età, benché aumenti la necessità di un più accurato management, in termini di scelta dell' appropriato diametro e di monitoraggio della pressione intracuffia;

- un ulteriore criticità che emerge dall'analisi dei suddetti studi è la frequente assenza di un follow-up adeguato a lungo termine, anche se è ipotizzabile che le terapie intensive e/o i servizi di anestesia sarebbero stati informati dell'insorgenza di eventuali complicanze respiratorie in pazienti che erano stati sottoposti ad intubazione tracheale;

- lo studio di Khine [35] deve essere ritenuto quello che ha contribuito per primo ad affrontare l'uso del tubo tracheale cuffiato in pediatria, prendendo in esame non solo l'incidenza di stridore post-estubazione, ma anche il numero di sostituzioni del tubo tracheale e l'utilizzo della tecnica ventilatoria a bassi flussi (Fig. 8);

Fig. 8

	Cuffed ETT	Uncuffed ETT	<i>P</i> Value*
Total patients	251	237	
Patients needing tube changes	3 (1.2)	54 (23)	<0.001
Patients needing >2 l pm FGF	3 (1.2)	26 (11)	<0.001

- Bordet et al [61] confermano le conclusioni di Khine et al [35], evidenziando che in una popolazione di pazienti pediatrici sottoposti ad anestesia, l'uso dei tubi tracheali cuffiati non era associato con un aumentato rischio di complicanze respiratorie perioperatorie.

- di un certo interesse l'indagine condotta da Orliaguet GA et al [63] che hanno proposto un questionario a 130 anestesisti pediatrici francesi sull'utilizzo del tubo cuffiato. Il 25% ha risposto che usava routinariamente i tubi cuffiati in più dell'80% dei loro pazienti. Questo dato indica che nella pratica clinica, già a partire dal 2001, una parte degli anestesisti pediatrici utilizzava tubi cuffiati ancora prima che comparissero ulteriori evidenze. Purtroppo, in questo

articolo non viene indicata l'età dei pazienti trattati e questa è sicuramente una criticità di rilievo;

- da sottolineare la pubblicazione di Murat I [55] che, pur essendo una semplice lettera, riporta la sua significativa esperienza, iniziata dopo l'uscita dell'articolo di Khine et al del 1997 [35]. Da quell'anno nel suo ospedale fu interrotto l'acquisto dei tubi tracheali cuffiati. L'autrice raccolse le registrazioni di tutte le anestesie con intubazione tracheale (5435) eseguite nel 2000, delle quali 3434 sotto 8 anni e 904 sotto 1 anno. Nessuna complicazione respiratoria fu attribuita al tubo endotracheale e, in particolare, non fu osservato alcun singolo caso di stenosi sottoglottica. Un controllo delle sale operatorie dimostrò una netta riduzione del tasso di inquinamento da gas anestetici. Infine, gli anestesisti non insufflavano la cuffia in assenza di perdita d'aria e quando la insufflavano, monitorizzavano la pressione intracuffia;

- Mossad et al [44], in una popolazione di 783 pazienti sotto i 2 anni sottoposti ad intervento cardiocirurgico, registrano 17 casi di SSG, pari al 2.2%. Confrontando i loro dati con quelli delle altre casistiche presenti in letteratura, gli autori concludono che l'uso dei tubi tracheali cuffiati non sembra aumentare il rischio di SSG postoperatoria;

- i pochi studi che presentano danni attribuiti all'uso del tubo tracheale cuffiato sono del tipo case report [43] o case series [62], dai quali non è scientificamente corretto derivare conseguenti comportamenti pratici.

## 2) COSTI

Tab. 5

Autore	Rivista	Anno	Tipo di studio	Outcome	N°pz	complic	Età	Setting
Eschertzhuber S et al [64]	Acta Anesthesiol Scand	2010	Prospettico randomizzato controllato	Consumo gas e relativi costi	75	-	Media 1.73aa (0.01- 4.8)	OR

- La pubblicazione di Eschertzhuber S et al. [64] risulta essere l'unica in letteratura che prende in considerazione i costi legati al consumo dei gas e del sevoflurano. Tale outcome è legato alla possibilità di adottare tecniche a bassi flussi solo con l'uso di tubi tracheali cuffiati, dato che è mandatorio che vi sia una perfetta tenuta tra tubo e trachea.

Lo study design è di tipo controllato con randomizzazione dei pazienti in 2 gruppi: gruppo cuffiato e gruppo non cuffiato. I risultati sono riportati in Fig. 9.

Gli autori concludono che l'uso dei tubi tracheali cuffiati pediatrici in combinazione con la tecnica di anestesia a bassi flussi riduce i costi

economici legati al consumo del sevoflurano e dei gas medicali confrontato all'uso dei tubi non cuffiati.

Fig. 9

Epidemiological, measured and calculated data.			
	Uncuffed TT	Cuffed TT	P-value
Number of patients (n)	35	35	—
Patient's age (years)	1.75 (0.05–4.8)	1.64 (0.01–4.78)	
Patient's weight (kg)	9.8 (3.6–19.1)	12 (3.4–20.0)	
Duration of investigation (min)	56 (34–138)	57 (18–177)	0.787
Fresh gas flow required (l/min)	2.0 (0.5–4.3)	1.0 (0.5–1.0)	< 0.001
Inspiratory sevoflurane concentration (Vol%)	2.5 (1.2–3.7)	2.5 (1.5–3.2)	0.856
Amount of sevoflurane consumption/patient (ml)	16.1 (6.4–82.8)	6.2 (1.1–14.9)	0.003
Amount of medical gas consumption/patient (l)	129 (53–552)	46 (9–149)	< 0.001
Costs for sevoflurane/patient (€)	12.9 (5.1–66.2)	5 (0.9–11.9)	< 0.001
Costs for medical gases/patient (€)	0.62 (0.23–2.61)	0.17 (0.07–1.24)	< 0.001
Costs for sevoflurane and gases/patient (€)	13.4 (6.0–67.3)	5.2 (1.0–12.5)	< 0.001
Costs for sevoflurane and medical gases/patient/min (€/min)	0.25 (0.05–0.65)	0.09 (0.04–0.13)	< 0.001

Data are median (minimum–maximum).

### 3) DIFFERENZE IN BASE AL TIPO DI TUBO ENDOTRACHEALE

Tab. 6

Autore    Rivista    Anno    Tipo di studio    Outcome    N° pz complic    Età    Setting

Weiss M et al [65]	PaedAn aesth	2006	Studio in vitro	Caratteristiche qualitative dei tubi tracheali	-	-	0- 15 aa	OR
Dullen kopf A et al [66]	Acta Anesth esiolSc and	2005	Coorte Osservazionale	Caratteristiche qualitative del nuovo tipo di tubo tracheale cuffiato <i>Microcuff</i>	500		0- 14 aa	OR
Salgo B et al [67]	Acta Anesth esiolSc and	2006	Coorte Osservazionale	Caratteristiche qualitative del nuovo tipo di tubo tracheale cuffiato <i>Microcuff</i>	350		0- 5 aa	OR
Weiss M et al [68]	Br J Anaesth	2004	Studio in vitro	Caratteristiche qualitative dei tubi tracheali	125 tubi trac hea li	-	-	-
Dullen kopf A et al [69]	PaedAn aesth	2004	Coorte Osservazionale	Caratteristiche qualitative del nuovo tipo di tubo tracheale cuffiato <i>Microcuff</i>	80		2- 4 aa	OR
Weiss	Can J	2005	Coorte	Caratteristiche	100		0-	OR



M et al [70]	Anesth		Osservazionale	qualitative del nuovo tipo di tubo tracheale cuffiato <i>Microcuff</i>			16 aa	
Bernet V et al [71]	Anaest hesia	2005	Studio in vitro	Caratteristiche qualitative del nuovo tipo di tubo tracheale cuffiato <i>Microcuff</i>	8 tubi trac hea li		-	-
Weiss M et al [72]	Br J Anaest h	2005	Coorte Osservazionale	Caratteristiche qualitative del nuovo tipo di tubo tracheale cuffiato <i>Microcuff</i>	250		0- 16 aa	OR
Bernet V et al [73]	Anaest hesia	2006	Studio in vitro	Caratteristiche qualitative del nuovo tipo di tubo tracheale cuffiato <i>Microcuff</i>	8 tubi trac hea li	-	-	
Moehrl en U et al [74]	PaedAn aesth	2008	Studio in vitro	Caratteristiche qualitative del nuovo tipo di tubo tracheale cuffiato <i>Microcuff</i>	8 tubi trac hea li			

- Weiss M et al [68] sono gli autori della prima pubblicazione che prende in considerazione le differenze qualitative dei vari tubi

tracheali in commercio. Vengono comparati gli aspetti fisici di 125 tipi di tubo tracheale in funzione dei parametri anatomici delle vie aeree correlati all'età e delle formule di calcolo del diametro del tubo. Gli autori concludono che la maggior parte dei tubi tracheali pediatrici presentano scarsa accuratezza di disegno, particolarmente quelli di minori dimensioni e auspicano un rapido miglioramento nel design dei tubi cuffiati con un incremento del rapporto volume/pressione della cuffia, un aumento del tratto di tubo sottoglottico ancora libero dalla cuffia e markers di profondità più adeguati.

- lo studio di Weiss et al [65] confronta 5 marche di tubi preformati cuffiati e non cuffiati. Vengono considerate le seguenti caratteristiche qualitative:

- 1) distanza tra la curva preformata e la punta del tubo
- 2) distanza tra la curva e il bordo superiore della cuffia

Gli autori concludono che sono necessari miglioramenti qualitativi dei tubi preformati tracheali cuffiati. In particolare, dovrebbero essere standardizzati le precedenti caratteristiche per ridurre il rischio di un'intubazione troppo profonda e verificare l'esatta posizione della cuffia in trachea.

- Numerosi studi sono stati eseguiti allo scopo di verificare le peculiarità qualitative del nuovo tubo ***Microcuff*** dotato di cuffia molto sottile e ad elevato rapporto volume/pressione. Dullenkopf A et al [66, 69, 70, 71, 72, 73, 74] ne sottolineano la sicurezza e la tenuta. Salgo B et al [67] evidenziano il migliore rapporto diametro esterno (OD)/diametro interno (ID) che permette la scelta di un maggiore diametro interno per l'età.

#### 4) MONITORAGGIO DEI PARAMETRI RESPIRATORI

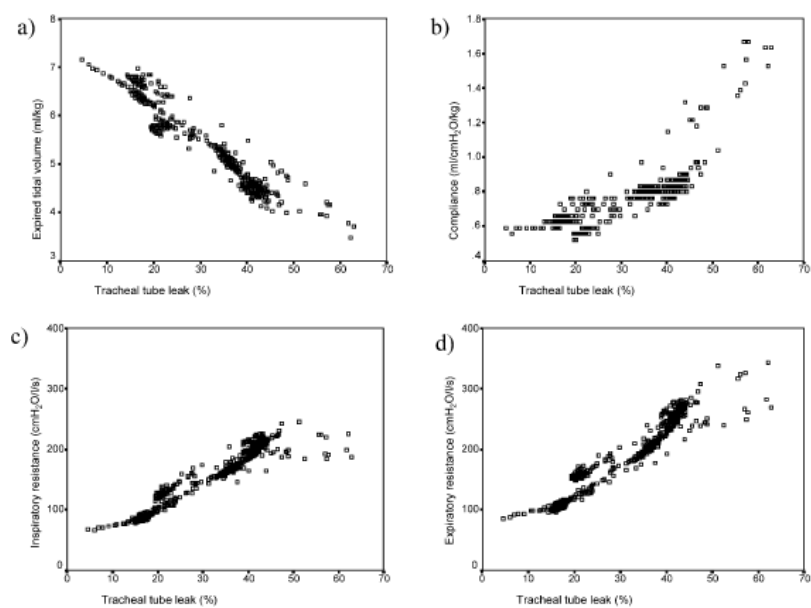
Tab. 7

Autore	Rivista	Anno	Tipo di studio	Outcome	N°pz	complic	Età	Setting
Main E et al [75]	Intensive Care Med	2001	Coorte	Volume corrente, compliance, resistenza respiratoria	75	-	0.02-12.8 aa	ICU

La quasi totalità degli editoriali e le reviews sull'uso dei tubi tracheali cuffiati in pediatria evidenziano come la mancata tenuta per l'assenza di cuffia renda difficile ed inaffidabile il monitoraggio dei parametri respiratori. In particolare, i valori di volume espiratorio, resistenza respiratoria e compliance possono essere sovrastimati in presenza di perdita d'aria per mancata tenuta e le conseguenti decisioni cliniche possono quindi risultare inaffidabili.

Lo studio di Main E et al [75] ha valutato tali aspetti in 75 pazienti pediatrici paralizzati e ventilati meccanicamente. Gli autori hanno concluso che una perdita maggiore del 20% comporta un volume corrente incoerente con quello impostato ed una sovrastima di compliance e resistenza indipendentemente dal metodo di ventilazione impostato [Fig. 10].

Fig. 10



## 5) INQUINAMENTO AMBIENTALE

Tab. 8

Autore   Rivista   Anno   Tipo di studio   Outcome   N°pz   complic   Età   Setting

Khin e HH et al [35]	Anesthes iol	1997	Prospettico randomizza- to controllato cuff vs non cuff	Ppm N2O ambiente	488	Nessu na diffe- renza tra i due grup- pi	0-8 aa Grup- pi omo- genei	OR
Mur at I [55]	PaedAna esth	2001	Report prospettico	Ppm N2O e sevoflura no ambiente	543 5 di cui: 343 4< 8 aa e 904 <1a	0 0	0-8 aa	OR
Ram an V et al [76]	Int J Pediatr Otorhino laryngol	2012	Coorte prospettico	Ppm N2O cavo orofarin- Geo	200		1-18 aa	OR

- Khine et al [Fig11] [35] e Murat I [Tab. 9] [55] hanno rilevato differenze significative di concentrazione ambientale di protossido di azoto confrontando l'utilizzo di tubi tracheali cuffiati e non cuffiati.

Fig. 11 – Differenti concentrazioni di protossido di azoto con l'uso di tubi cuffiati e non cuffiati [35]

	Nitrous Oxide Concentration (ppm)			
	<10	11-25	26-299	>300
Uncuffed ETT	19	6	9	6
Cuffed ETT	39	0	0	0

Tab. 9 - Differenti concentrazioni di protossido di azoto e sevoflurano con l'uso di tubi cuffiati e non cuffiati [55].

	<b>Protossido di azoto</b>	<b>Sevoflurano</b>
<b>Periodo precedente tubi cuffiati</b>	192 ppm	48.1 ppm
<b>Periodo seguente tubi cuffiati</b>	29.4 ppm	0.3 ppm

- Raman V et al [76] hanno evidenziato una significativa contaminazione dell'orofaringe in una popolazione di pazienti pediatrici sottoposti ad adenotonsillectomia in anestesia generale inalatoria con alogenato e FiO<sub>2</sub> al 100% [Fig. 12 ].

Fig. 12

Demographic data of the 4 patient groups.

Patient group	Number in cohort	Age (years)	Weight (kilograms)
1: Cuffed ETT with SV	40	4.5 ± 2.7	24.6 ± 12.1
2: Cuffed ETT with PPV	78	4.4 ± 3.1	23.8 ± 13.4
3: Uncuffed ETT with SV	38	4.0 ± 2.8	20.0 ± 8.2
4: Uncuffed ETT with PPV	44	4.0 ± 2.5	21.1 ± 11.0

PPV = controlled ventilation; SV = spontaneous ventilation; ETT = endotracheal tube.

Oropharyngeal oxygen and volatile agent concentration.

Patient group	Oropharyngeal oxygen concentration	Oropharyngeal volatile agent concentration as fraction of inspired concentration
1: Cuffed ETT with SV	0.20–0.21 in all 40 patients	0% in all 40 patients
2: Cuffed ETT with PPV	0.2–0.21 in all 78 patients	0% in all 78 patients
3: Uncuffed ETT with SV	0.65 ± 0.26	0.7 ± 0.3
4: Uncuffed ETT with PPV	0.71 ± 0.25	0.6 ± 0.6

In all cases, the inspired oxygen concentration was 100%. CV = controlled ventilation; SV = spontaneous ventilation; ETT = endotracheal tube.



## 6)MARGINE DI SICUREZZA AL POSIZIONAMENTO

Tab. 10

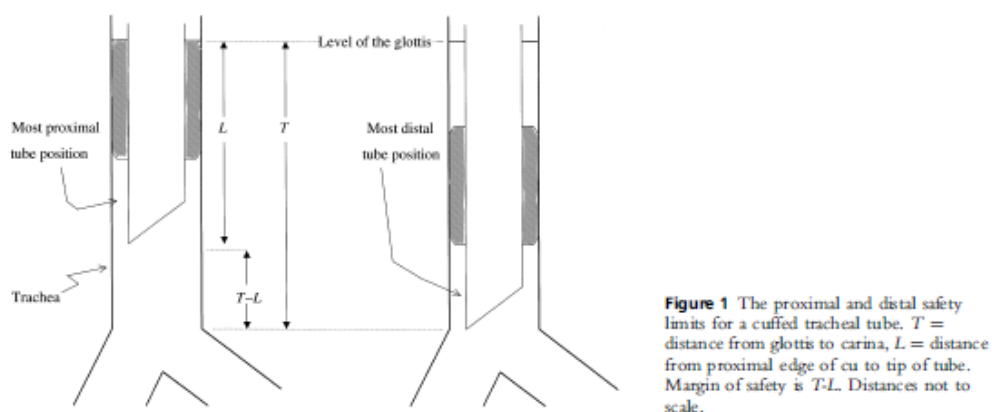
Autore	Rivista	Anno	Tipo di studio	Outcome	Esito
Ho AMH et al [77]	Anaesthesia	2002	Studio in vitro	Margine di sicurezza	Cuffiato < 50% del non cuffiato

Il margine di sicurezza di un tubo tracheale è definito come la distanza tra i posizionamenti superiori ed inferiori a livello dei quali possono insorgere effetti avversi. Per un tubo tracheale non cuffiato, la posizione più cefalica senza eccessiva perdita e rischio di estubazione si ha appena la punta del tubo stesso supera e si allinea subito al di sotto della rima della glottide. Per un tubo tracheale cuffiato, la posizione più cefalica viene raggiunta quando il bordo prossimale della cuffia si trova immediatamente al di sotto delle corde vocali; questa posizione può determinare trauma della glottide e una scarsa tenuta, nonostante una sufficiente insufflazione della cuffia. La posizione più distale del tubo che non causa stimolazione carenale o intubazione bronchiale accidentale è la stessa per entrambi

i tubi, con la punta posizionata subito al di sopra della carena tracheale.

Nel loro studio, Ho AMH et al [77] definiscono margine di sicurezza la distanza tra le posizioni più cefaliche e più caudali (T per i tubi non cuffiati e T-L per quelli cuffiati) [Fig. 13]. Gli autori concludono che, se confrontati con i tubi non cuffiati, i tubi tracheali cuffiati presentano un margine di sicurezza inferiore di circa il 50%. Tale dato deve quindi essere tenuto presente dall'anestesista quando venga scelto il tubo tracheale cuffiato.

Fig. 13



## 7) NUMERO DI REINTUBAZIONI

Tab. 11

Autore Rivista Anno Tipo di studio Outcome N°pz complicanze Età Setting

Khine HH et al [35]	Anest hesiol	1997	Prospettico randomizzato controllato cuff vs non cuff	N reintuba- zioni	488	> nel gruppo non cuffiato	0-8 aa	OR
Weiss M et al [56]	Br J Anaes- th	2009	Multicentrico prospettivo randomizzato controllato	N reintuba- zioni	2246	> nel gruppo non cuffiato	0-5 aa	OR
Dorsey DP et al [78]	Burns	2010	Retrospettivo	N reintuba- zioni	327	> nel gruppo non cuffiato	0- 10 Aa	OR

- I tre studi su riportati hanno preso in considerazione il numero di sostituzioni del tubo tracheale per errato calcolo del diametro, con conseguente sovra- o sottodimensionamento, e per estubazione accidentale. Come precedentemente detto, la presenza della cuffia insufflata rende il tubo stesso più stabile e meno soggetto ai movimenti up and down della sua estremità. I risultati sono unanimi,

dimostrando un tasso di reintubazione significativamente inferiore con l'uso dei tubi tracheali cuffiati rispetto ai non cuffiati [Fig. 8, 14, 15];

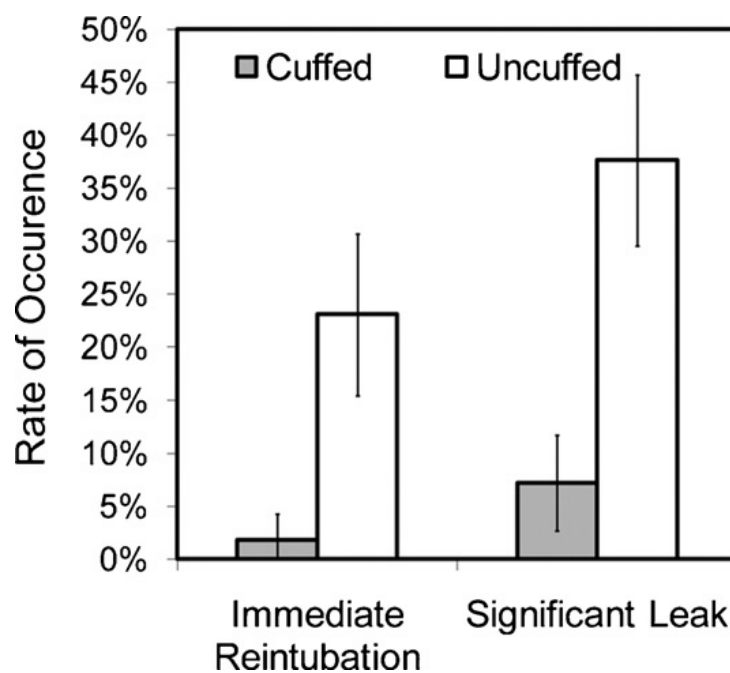
- la pubblicazione di Dorsey DP et al [78] riguarda una popolazione di pazienti pediatrici sottoposti ad anestesia generale per il trattamento di ustioni. Gli autori sottolineano che, dato l'elevata incidenza di sostituzione del tubo tracheale non cuffiato, dovrebbe essere enfatizzato l'uso dei tubi tracheali cuffiati in tale popolazione di pazienti al fine di ridurre il tasso di manipolazioni delle vie aeree.

Fig. 14- Tasso di sostituzione del tubo secondo Weiss HH et al [56]

	Cuffed tubes initial (n=1119)	Uncuffed tubes initial (n=1127)
Tube exchange	24 (2.1%)	347 (30.8%)*
Patients with more than one tube exchange	5	87*
Total number of tube exchanges	29	434*

\*\*\* $P < 0.001$ ; \*\*\*\* $P < 0.0001$

Fig. 15 – Tasso di sostituzione del tubo secondo Dorsey DP et al in pazienti con ustione [78]



**Error bars represent 95% confidence intervals.**

Tube type	Change	Number of events
Uncuffed	Total	44
	Increased diameter	20
	Decreased diameter	13
	To cuffed (same size)	6
	Unknown change	5
Cuffed	Total	8
	Increased diameter	1
	Decreased diameter	0
	To uncuffed (same size)	1
	Unknown change	6
Unknown	Total	8

## 8) PRESSIONE INTRACUFFIA

Tab. 12

Autore	Rivista	Anno	Tipo di studio	Outcome	N°pz	complic	Età	Setting
Felten ML et al [42]	AnesthAnalg	2003	Studio di coorte	P intracuffia	174 p	-	0-9 aa	OR
Ong M et al [79]	Anaesthesia	2008	Studio prospettico di coorte	P intracuffia	640 p	-	0- 15.8 aa	OR
Tobias JD et al [80]	Int J PediatrOtorhin olaryngol	2012	Studio di coorte	P intracuffia	200 p	-	1 m- 17 aa	OR
Kako H et al [81]	PaedAnaesth	2013	Studio prospettico di coorte	P intracuffia	200 p	-	0.9- 17.8 aa	OR

Gli studi riguardanti la pressione della cuffia mettono in evidenza le seguenti conclusioni:

- la pressione intracuffia ha un andamento imprevedibile quando venga utilizzato il protossido di azoto, dati i fenomeni di diffusione del gas. Per questo motivo, sono necessarie ripetute misurazioni e desufflazioni della cuffia al fine di mantenere la pressione all'interno inferiore al già menzionato valore soglia di 25 mmHg;

- per evitare che la pressione intracuffia superi il valore critico di 20 mmHg (valore della pressione capillare mucosa tracheale), è mandatorio l'uso di routine del manometro per monitorizzare detta pressione;
- Kako H et al [81] dimostrano nel loro studio che si verificano significative variazioni dei valori di pressione intracuffia con i cambiamenti di posizione del paziente e nella maggior parte dei casi viene riportato un aumento di tale valore. Gli autori concludono che la pressione della cuffia dovrebbe essere misurata ad ogni variazione di posizione del paziente.

## 9) INCIDENZA DI ASPIRAZIONE

Tab. 13

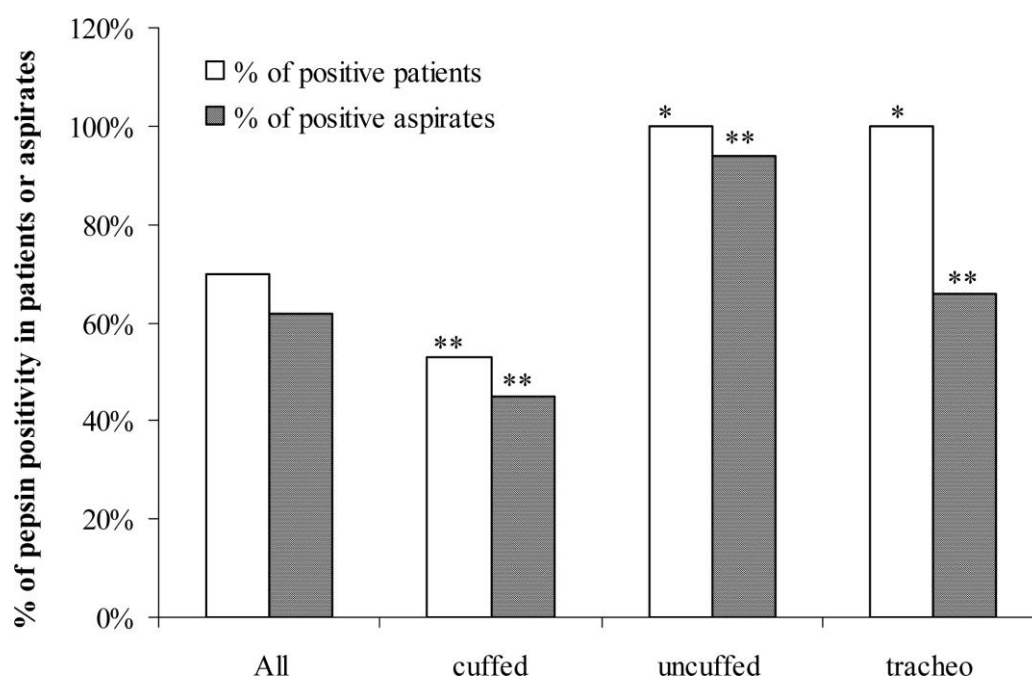
Autore	Rivista	Anno	Tipo di studio	Outcome	N°pz	Età	compl	Setting
Browning DH et al [1]	J Pediatr	1983	Comparativo cuff vs non cuff	Aspirazione	22 p	Non cuffiati 1 settimana- 5aa Cuffiati 4- 18aa	-	ICU
Gopalareddy V et al [3]	Acta Paediatr	2007	Comparativo cuff vs non cuff	Aspirazione	27 p	Non cuffiati 1±0.9 aa Cuffiati 12±5 aa	-	ICU

- il lavoro scientificamente di maggior qualità è quello di Gopalareddy V et al [83] eseguito su una popolazione di pazienti pediatrici ventilati meccanicamente in ICU. Gli autori determinarono con metodo enzimatico la presenza di pepsina gastrica negli aspirati tracheali. I risultati, riportati in Fig. 16, dimostrano una maggior



presenza di pepsina negli aspirati tracheali dei pazienti con tubo non cuffiato;

Fig.16



\*\*Statistically significant difference ( $p < 0.05$ ) with the other two groups and \*with one group.

- un'importante criticità dei suddetti lavori è rappresentata dall'estrema differenza di età nei gruppi messi a confronto;
- la pubblicazione di Browning DH et al [82] rappresenta probabilmente il primo lavoro in cui compare l'uso di tubi cuffiati in età pediatrica.

## 10) SPECIFICHE APPLICAZIONI

Tab.14

Autore	Rivista	Anno	Tipo di studio	Outcome	N°pz	Età	complic	Setting
Greemberg L et al [1]	PaedAnaesth	1999	Case report	Fistola tracheo- esofagea	1	Neonato	-	OR
Oh AY et al [2]	AnesthAnalg	2003	Case report	Ventilazione monopolmo- nare	1	8 aa	-	ICU
Lucking- Famira KM et al [3]	Intensive Care Med	2004	Case report	Fistola tracheo- esofagea	1	Prematuro 770 gr	-	ICU
Sheridan RL	PediatrCrit Care Med	2006	Case serie	Ustioni	5	Età media 2.2 aa±1.0	-	Burn unit

- I quattro reports prospettano l'uso del tubo tracheale cuffiato per specifiche applicazioni;

- Greemberg L et al [84] hanno utilizzato il tubo tracheale cuffiato per occludere la perdita attraverso una fistola congenita tracheo-esofagea in un neonato di 2.655 kg allo scopo di prevenire la dilatazione gastrica durante ventilazione meccanica. Dopo l'intervento chirurgico di chiusura della fistola, il paziente rimase

intubato e ventilato per 48 ore con la cuffia desufflata. Dopo estubazione, il decorso postoperatorio fu soddisfacente con ripristino della normale alimentazione;

- anche Lucking-Famira KM et al [86] riportano il trattamento di una fistola tracheo-esofagea con tubo cuffiato al fine di occludere la suddetta fistola, ma in questo caso il paziente era un prematuro di peso estremamente basso (770 gr 27° settimana di gestazione). Il corretto posizionamento fu confermato mediante visualizzazione diretta con fibrobroncoscopio. La pressione intracuffia fu mantenuta ad un valore inferiore a 15 cmH<sub>2</sub>O. Dopo la chiusura chirurgica della fistola, il paziente fu reintubato con tubo non cuffiato. L'estubazione avvenne al 27 giorno di vita senza segni broncoscopici di danno della mucosa;

- Oh AY et al [85] usarono con successo un tubo tracheale cuffiato per l'esecuzione di intervento di anastomosi bronchiale in un paziente di 8 anni che aveva riportato una rottura del bronco principale di sinistra con pneumotorace bilaterale e chilotorace in seguito ad incidente stradale;

- infine Sheridan RL [87], chirurgo delle ustioni presso lo Shriners' Hospital di Boston, afferma che nei pazienti pediatrici gravemente ustionati sottoposti a ventilazione meccanica non dovrebbero essere

usati tubi non cuffiati per la frequente necessità di reintubazione (che in tale popolazione di pazienti può rappresentare una procedura ad alto rischio per la concomitante situazione di danno da inalazione delle vie aeree superiori e di edema faciale massivo).

## 11) VENTILAZIONE MECCANICA A BASSI FLUSSI

Tab. 15

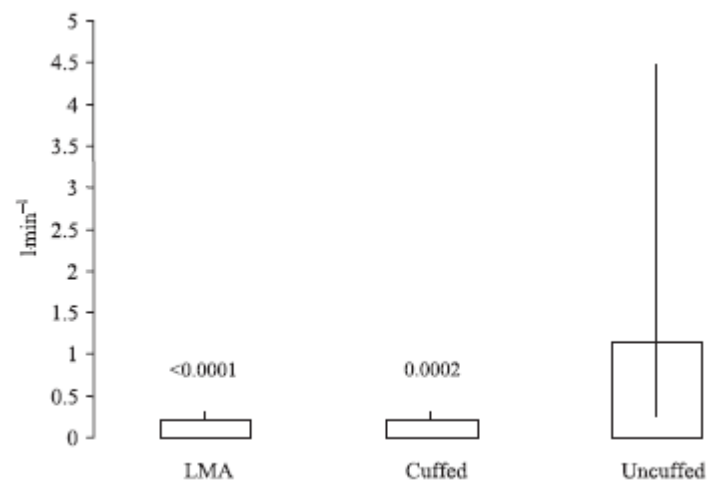
Autore	Rivista	Anno	Tipo di studio	Outcome	N°pz	complic	Età	Setting
Khine HH et al [1]	Anesthesiology	1997	Prospettico randomizzato controllato cuff vs non cuff	Bassi flussi	488	-	0-8 Aa	OR
Engelhardt T et al [2]	PaedAnaesth	2006	Prospettico randomizzato controllato	Bassi flussi	45	-	5-13 aa	OR

- il già citato lavoro di Khine HH et al [35] ha per primo preso in considerazione le differenze tra tubi tracheali, cuffiati e non, durante ventilazione meccanica con tecnica a bassi flussi. Tale tipo di ventilazione presuppone una sufficiente tenuta tra tubo e trachea. Tale studio ha rilevato che i pazienti intubati senza cuffia erano necessari flussi  $> 2$  lt/min con incidenza significativamente superiore al gruppo con cuffia [Fig. 8];

- nel più recente studio di Engelhardt T et al [88], gli autori hanno comparato l'uso di tubi cuffiati, non cuffiati e maschera laringea (LMA) in una popolazione di pazienti pediatrici sottoposti a

ventilazione meccanica a bassi flussi. La Fig. 14 mette in evidenza che le differenze tra LMA e tubo cuffiato confrontate con il tubo non cuffiato erano nettamente significative, anche se deve essere sottolineato che il campione di popolazione preso in esame era di piccole dimensioni e ciò costituisce una importante criticità.

Fig. 17



## **RISULTATI DELLA REVISIONE SISTEMATICA**

L'analisi sistematica su riportata ci permette di elencare le seguenti conclusioni:

- appare con buon livello di evidenza che il tubo tracheale cuffiato in età pediatrica non determina complicanze respiratorie in misura maggiore rispetto a quello non cuffiato;
- il principio di non usare tubi cuffiati al di sotto degli 8 anni di età, potrebbe essere un “mito” tramandato dell' anestesia pediatrica, in quanto le sue basi teoriche risalgono a studi antichi e mai sottoposti a verifica critica;
- recenti pubblicazioni hanno modificato radicalmente la reale anatomia della laringe del bambino, confermando con l'evidenza che è giunto il momento che il suddetto “mito” debba essere cancellato;
- i pochi autori che ancora prendono posizione contro l'uso del tubo cuffiato in pediatria non supportano la loro convinzione con argomenti “evidence based”, riportando pubblicazioni di minor qualità (case report), datate e mal documentate;

- paradossalmente, sembra che la maggior probabilità di comparsa di lesioni legate all'intubazione sia proprio la mancanza della cuffia nel tubo tracheale;
- un'importante criticità è il basso numero di studi prospettici randomizzati controllati, che non permette ad oggi una valutazione quantitativa sotto forma di metanalisi e rende auspicabili ulteriori trials sull'argomento;
- un' ulteriore criticità è rappresentata dall'ampio range di età, e quindi dall'elevata variabilità nelle caratteristiche anatomico-funzionali, che appare con frequenza nelle popolazioni studiate;
- l'aspetto centrale rappresentato dalla tenuta del tubo tracheale cuffiato rende quasi ovviamente logici alcuni degli outcomes studiati, come la riduzione del rischio di aspirazione e dell'inquinamento ambientale; per tale motivo, non sembrano necessari ulteriori studi specifici;
- il miglioramento del design dei tubi cuffiati gradualmente realizzato ha sicuramente collaborato nella riduzione del rischio di complicanze legate all'uso del tubo tracheale cuffiato nel paziente pediatrico.



## **VALUTAZIONE CLINICA: STUDIO PROSPETTICO**

Da circa 20 anni si è assistito ad un graduale cambiamento nella pratica degli anestesisti pediatrici con una sempre maggiore tendenza all'uso di tubi tracheali cuffiati in sostituzione di quelli non cuffiati. In precedenza, la pratica clinica standard era rappresentata dall'utilizzo dei tubi tracheali non cuffiati fino agli 8 anni di età. Ultimamente i miglioramenti nel design hanno reso più sicuro l'uso dei tubi cuffiati in pediatria [66, 67, 68, 69]. La letteratura ha dimostrato numerosi vantaggi in termini di bassa incidenza di complicanze respiratorie [35, 54, 55, 56, 57, 62, 44] e di ridotti costi economici per il ridotto consumo di gas anestetici e di sostituzioni del tubo tracheale conseguenti all'eccessiva perdita [64, 35, 55]. L'aspetto fondamentale nella prevenzione delle complicanze respiratorie post-estubazione è costituito dal monitoraggio della pressione intracuffia per evitare un'eccessiva compressione ischemica sull'anello cricoideo e/o sulla trachea [42, 80]. A nostra conoscenza, non ci sono pubblicazioni riguardanti l'incidenza di complicanze post-estubazione in pazienti pediatrici neurochirurgici. L'obiettivo di questo studio preliminare prospettico osservazionale è stato quello di valutare l'incidenza di complicanze post-estubazione con l'uso di tubi tracheali cuffiati in una popolazione pediatrica sottoposta ad intervento neurochirurgico.

## Metodi

Sono state analizzate le cartelle anestesologiche degli interventi chirurgici eseguiti presso l'U.O. di Neurochirurgia Pediatrica della AOU Meyer dal 1° Novembre 2015 al 28 Febbraio 2016, da quando cioè è stato inserito nella pratica il monitoraggio della pressione intracuffia dei tubi tracheali. I criteri di esclusione prevedevano pregresse o recenti patologie acute delle vie aeree ed il trasferimento del paziente in ICU con prosecuzione della permanenza del tubo tracheale.

La tecnica di induzione e mantenimento dell'anestesia non ha subito variazioni nei casi studiati. L'induzione viene eseguita per via inalatoria con maschera facciale, in ventilazione spontanea con una miscela di O<sub>2</sub>/aria/sevoflurano, o per via endovenosa con propofol (2-3 mg/kg). La miiorisoluzione è stata effettuata con rocuronio (0.6-1.2 mg/kg). E' stata usata la formula di Motoyama per il calcolo del diametro del tubo. La cuffia è stata insufflata con il test "air leak". Dopo fissaggio del tubo e posizionamento del paziente, è stata misurata ed annotata la pressione intracuffia con manometro dedicato. E' stata stabilita una pressione massima della cuffia di 20 mmHg. A tale valore, il test "air leak" è sempre risultato negativo. La tecnica di ventilazione meccanica, pressometrica o volumetrica, è

stata stabilita in base alle necessità del singolo caso e, ove possibile, con bassi flussi (fino a 0.7 l/min). La miscela gassosa erogata è stata sempre composta da O<sub>2</sub>/sevoflurano senza aggiunta di protossido di azoto. L'analgesia è stata effettuata mediante infusione continua di remifentanil ad una velocità variabile in funzione del tipo di intervento e della fase intraoperatoria. Al termine della chirurgia e dopo ripresa della ventilazione spontanea, mantenendo una concentrazione di sevoflurano superiore al MAC awake, è stata ripetuta ed annotata la misurazione della pressione intracuffia. Si è proceduto quindi alla rimozione del tubo tracheale, verificando ed eventualmente annotando in cartella la presenza di stridore. Se presente stridore post-estubazione, il paziente è stato osservato clinicamente fino alla sua risoluzione. Tutti i pazienti sono stati esaminati fino al momento della loro dimissione dall'ospedale.

## **Risultati**

Sono stati inclusi nello studio 50 pazienti di età compresa tra 0 e 18 anni. In Tab. 16 sono riportati i dati demografici e clinici della popolazione e in Tab. 17 le complicanze post-estubazione.

Nessun paziente con stridore ha richiesto reintubazione o trattamento farmacologico con risoluzione spontanea in un tempo massimo di 13 minuti dalla sua insorgenza.

Tab. 16 – Dati demografici e clinici

Età (anni) (media $\pm$ ds + range)	5.7 $\pm$ 5.6 (0 – 18)
Peso (kg) (media $\pm$ ds + range)	24.42 $\pm$ 20.30 (2 – 78)
Sesso M/F	34/16
Durata dell'intubazione (min) (media $\pm$ ds + range)	146.5 $\pm$ 95.723 (58 – 510)

Tab. 17 – Complicanze post-estubazione

Stenosi sottoglottica	0
Stridore	4
Stridore dopo posizione prona	2 su 4
Età pazienti con stridore	< 60 mesi

## **Discussione**

La revisione della letteratura sull'uso dei tubi tracheali cuffiati nel paziente pediatrico non ha rilevato studi che siano stati condotti su casistiche pediatriche neurochirurgiche. Questo tipo di popolazione presenta delle peculiarità cliniche e procedurali che giustificano un'analisi dedicata. Le problematiche anestesiologiche, come il tipo di tecniche e agenti gassosi utilizzati, chirurgiche, come per esempio le posizioni critiche che vengono fatte assumere dal paziente, e l'età/peso dei pazienti possono influire e condizionare la manovra di intubazione.

Una caratteristica di frequente osservazione nelle popolazioni pediatriche studiate è rappresentata dalla estrema eterogeneità dell'età considerate [51, 54, 60]. Ciò rappresenta un importante bias che rende criticabili tali studi, perché le conclusioni sono fortemente influenzate da tale variabile. Anche nella nostra casistica si evidenzia tale aspetto, benché lo stridore sia quasi esclusivamente presente nella fascia di età al di sotto dei 5 anni.

La pressione intracuffia rappresenta un parametro di grande importanza quando si usino tubi tracheali cuffiati ed il suo monitoraggio è ritenuto mandatorio per la prevenzione del danno ischemico della mucosa [79, 80]. A tal proposito, lo studio di Felten

et al [42] ha concluso che durante anestesia con protossido di azoto la pressione intracuffia è imprevedibile e che sono necessarie numerose desufflazioni per mantenere la pressione stessa al di sotto di 25 mmHg. Nei pazienti del nostro studio la misurazione della pressione intracuffia è stata effettuata: 1) dopo il fissaggio del tubo endotracheale; 2) dopo avere effettuato la posizione sul tavolo operatorio; 3) subito prima della estubazione.

Nei pazienti neurochirurgici, non potendo avere accesso alla testa del paziente durante l'intervento, è impossibile effettuare un vero e proprio monitoraggio della pressione intracuffia. Ciononostante non abbiamo rilevato variazioni significative tra le due misurazioni ed è ipotizzabile quindi che i valori di pressione intracuffia siano rimasti costanti anche durante l'intervento.

Un aspetto tecnico di rilievo è che in neurochirurgia è preferibile evitare l'uso del protossido di azoto che, per le sue caratteristiche fisiche, si diffonde nelle eventuali cavità vuote (pneumoencefalo e cuffia) e, per le sue caratteristiche farmacodinamiche, tende ad aumentare il flusso ematico cerebrale e il consumo di  $O_2$  e quindi la pressione intracranica.

Un' ulteriore specificità, che deriva dall' impossibilità da parte dell'anestesista di accedere alla testa del paziente durante un intervento neurochirurgico, è l' assoluta necessità che il tubo abbia la

maggior stabilità possibile per il rischio di estubazione accidentale intraoperatoria, con conseguenze anche mortali. La presenza della cuffia riduce i movimenti del tubo e di conseguenza anche questo rischio.

In neuroanestesia utilizziamo la tecnica di ventilazione meccanica a bassi flussi, resa possibile grazie alla tenuta della cuffia che consente una alta precisione nel monitoraggio inspiratorio ed espiratorio dei gas utilizzati. Tale dato è in accordo con quelli della letteratura sull'argomento [75].

Infine, l'uso dei tubi cuffiati permette l'ulteriore vantaggio, già riportato in letteratura, costituito dalla riduzione del consumo degli agenti gassosi, conseguentemente dei costi economici [64] e dell'inquinamento ambientale [35, 55, 76].

## CONCLUSIONI

Siamo consapevoli che il nostro studio presenta alcuni limiti. Il primo è rappresentato dal fatto che si tratta di uno studio prospettico con tutte le criticità che possiede tale tipologia di studio scientifico. Il secondo, l'ampio range di età dei pazienti costituisce il principale bias, anche se in comune con la grande parte delle analoghe pubblicazioni.

Con queste premesse, lo studio sembra permettere di poter giungere alle seguenti conclusioni riguardanti l'uso del tubo tracheale cuffiato nel paziente pediatrico sottoposto ad intervento neurochirurgico:

- 1) conferma della bassa incidenza di complicanze post-estubazione con l'uso del tubo tracheale cuffiato riportata in letteratura;
- 2) i casi di stridore che compaiono nella nostra casistica non sono stati di tale rilevanza da comportare alcun trattamento;
- 3) l'assenza del protossido di azoto nella miscela di gas utilizzati nel mantenimento dell'anestesia non rende necessario effettuare misurazioni ripetute della pressione intracuffia durante l'intervento, che, d'altronde, non sarebbe possibile effettuare a causa della inaccessibilità alla testa del paziente;



4) saranno necessari altri studi prospettici controllati randomizzati, di confronto tra tubo tracheale cuffiato e non, per confermare ulteriormente i dati del nostro studio.

## **BIBLIOGRAFIA**

- 1) James I. Cuffed tubes in children. Paed Anaesth. 2001;11:259-63
- 2) Fine GF et al. The future of the cuffed endotracheal tube. Paed Anaesth. 2004;14:38-42
- 3) Cox RG et al. Should cuffed endotracheal tubes be used routinely in children? Can J Anaesth. 2005; 52:669-74
- 4) Weiss M et al. Cuffed endotracheal tubes in children-things have changed. Paed Anaesth. 2006;16:1005-6
- 5) Lönnqvist PA. Cuffed or uncuffed tracheal tubes during anaesthesia in infants and small children: time to put the eternal discussion to rest? Br J Anaesth. 2009;103:783-5
- 6) Timmerman K et al. Endotracheal tubes in paediatric anaesthesia: the cuffed versus uncuffed debate. S Afr J Anaesthesiol Analg. 2010;16:88-91
- 7) Taylor C et al. Pediatric cuffed endotracheal tubes: an evolution of care. Ochsner J. 2011;11:52-6
- 8) Motjang MG. Cuffed endotracheal tubes in paediatrics. S Afr J Anaesth Analg 2012;18:263-266
- 9) Bhardwaj B. Pediatric cuffed endotracheal tubes. J Anaesthesiol Clin Pharmacol. 2013;29:13-8

- 10) Litmanrs et al. Cuffed *versus* Uncuffed Endotracheal Tubes in Pediatric Anesthesia. *Anesthesiology*. 2013;118:500-1
- 11) Bayeux MR. Tubage du larynx dans le croup. Auto-extubation. Pathogénie. Prophylaxie. *La Presse Medicale*. 1897; 6:29-36
- 12) Eckenhoff JE. Some anatomic considerations of the infant larynx influencing endotracheal anesthesia. *Anesthesiology*. 1951;12(4):401-410
- 13) Motoyama EK. The shape of the pediatric larynx: cylindrical or funnel shaped? *Anesth Analg*. 2009; 108(5):1379-81
- 14) Litman RS, Weissend EE, Shibata D, Westesson PL. Developmental changes of paryngeal dimensions in unparalyzed, sedated children. *AnesthAnalg*. 2003;98:41-5
- 15) Dalal PG, Murray D, Messner AH, Feng A, McAllister J, Molter D. Pediatric laryngeal dimensions: an age-based analysis. *Anesth Analg*. 2009;108:1475-9
- 16) Motoyama EK, Gronert BJ,. Induction of anesthesia and endotracheal intubation. In: Motoyama EK, Davies PJ, eds. *Smith's anesthesia for infants and children*. 6<sup>th</sup> ed. St Louis: Mosby, 1996:281-312
- 17) Honig HG. Persistent tracheal dilatation: onset after brief mechanical ventilation with a soft-cuff endotracheal tube. *South Med J*. 1979;72:487-90

- 18) Kleinman ME, Chameides L, Schexnayder SM, Samson RA, Hazinski MF, Atkins DL, Berg MD, de Caen AR, Fink EL, Freid EB, Hickey RW, Marino BS, Nadkarni VM, Proctor LT, Qureshi FA, Sartorelli K, Topjian A, van der Jagt EW, Zaritsky AL. Part 14: Pediatric Advanced Life Support: 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation*. 2010;122(suppl 3):S876 –S908
- 19) Bauman NM, Benjamin B. Subglottic ductal cysts in the preterm infant: association with laryngeal intubation trauma. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 1995;104:963-8
- 20) Grundfast KM, et al. Prospective study of subglottic stenosis in intubated neonates. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 1995;99:390-5
- 21) Niklaus PJ et al. Evaluation of neonatal subglottic stenosis: a 3-year prospective study. *Laryngoscope*. 1990;100:1185-90
- 22) Papsidero MJ et al. Acquired subglottic stenosis of the upper airway in neonates: an increasing problem. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 1980;89:512-4
- 23) Ratner I et al. Acquired subglottic stenosis in the very-low-birth-weight infant. *Am J Dis Child*. 1983;137:40-3
- 24) Black AE et al. Complications of nasotracheal intubation in neonates, infants and children: a review of 4 years' experience in a children's hospital. *Br J Anaesth*. 1990;65:461-7

- 25) Strong RM et al. Endotracheal intubation. Complications in neonates. Arch Otolaryngol. 1977;103:329-35
- 26) Wiel E et al. Laryngotracheal stenosis in children after intubation: report of five cases. Paediatr Anaesth. 1997;7:415-9
- 27) Jordan WS et al. New therapy for postintubation laryngeal edema and tracheitis in children. JAMA. 1970;212:585-9
- 28) Dobrin P, Canfield T. Cuffed endotracheal tubes: mucosal pressures and trachea wall blood flow. Am J Surg. 1977;21:81-94
- 29) Tonneson AS. Endotracheal tube cuff residual volume and lateral wall pressure in a model trachea. Anesthesiology. 1981;55:680-3
- 30) Nordin U, Lindholm CE, Wolgast M. Blood flow in the rabbit tracheal mucosa under normal conditions and under the influence of tracheal intubation. Acta Anaesthesiol Scand. 1977;21:81-94
- 31) Seegobin RD, van Hasselt GL. Endotracheal cuff pressure and tracheal mucosal blood flow: endoscopic study of effects of four large volume cuffs. Br Med J. 1984;288:956-68
- 32) Sherman JM et al. Factors influencing acquired subglottic stenosis in infants. J Pediatr. 1986;109:322-7
- 33) Cole F. Pediatric formula for the anesthesiologist. AMA J Dis Child. 1957;94:672-3

- 34) Morgan GA. Linear airway dimensions in children: including those from cleft palate. *Can Anaesth Soc J.* 1982;29:1-8
- 35) Khine HH et al. Comparison of cuffed and uncuffed endotracheal tubes in young children during general anesthesia. *Anesthesiology.* 1997;86:627-31
- 36) Duracher C et al. Evaluation of cuffed tracheal tube size predicted using the Khine formula in children. *Paed Anaesth.* 2008;18:113-8
- 37) Stocks JG. Prolonged intubation and subglottic stenosis [letter]. *Br Med J.* 1966;2:826
- 38) Bhardwaj N. Pediatric cuffed endotracheal tube. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol.* 2014;29:13-8
- 39) Goel S et al. The intubation depth marker: the confusion of the black line. *Paediatr Anaesth.* 2003;13:579-83
- 40) Flynn PE et al. The use of cuffed tracheal tubes for paediatric tracheal intubation, a survey of specialist practice in the United Kingdom. *Eur J Anaesthesiol.* 2008;25:685-8
- 41) Shibasaki M et al. Prediction of pediatric endotracheal tube size by ultrasonography. *Anesthesiology.* 2010;113:819-24
- 42) Felten ML et al. Endotracheal tube cuff pressure in unpredictable in children. *Anesth Analg.* 2003;97:1612-6

- 43) Dillier CM et al. Laryngeal damage due to an unexpectedly large and inappropriately designed cuffed pediatric tracheal tube in a 13-month-old child. *Can J Anesth.* 2004;51:72-5
- 44) Mossad E et al. Subglottic stenosis in children undergoing repair of congenital heart defects. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2009;23:658-62
- 45) Holzki J. Tubes with cuff in newborn and young children are at risk! *Anaesthetist.* 2002;51:321-3
- 46) Holzki J, Laschat M, Puder C. Stridor is not scientifically valid outcome measure for assessing airway injury. *Paediatr Anaesth.* 2009;19(suppl 1):180-97
- 47) Pedersen T et al. The mission of the Cochrane anaesthesia review group: preparing and disseminating systematic reviews of the effect of health care in anesthesiology. *Anesth Analg.* 2002;95:1012-8
- 48) Battersby et al. The effects of prolonged naso-endotracheal intubation in children. *Anaesthesia.* 1977;32:154-7
- 49) Litman RS et al. Postintubation croup in children. *Anesthesiology.* 1991;75:1122-3
- 50) Parkin JL et al. Acquired and congenital subglottic stenosis in the infant. *Ann Otol.* 1976;85:573-81

- 51) Koka BV et al. Postintubation croup in children. *Anesth Analg.* 1977;56:501-5
- 52) Suzumura H et al. Role of infection in the development of acquired subglottic stenosis in neonates with prolonged intubation. *Pediatr Int.* 2000;42:508-13
- 53) Gould SJ, Howard S. The histopathology of the larynx in the neonate following endotracheal intubation. *J Pathol.* 1985;146:301-11
- 54) Newth CJL et al. The use of cuffed versus uncuffed endotracheal tubes in pediatric intensive care. *J Pediatr.* 2004;144:333-7.
- 55) Murat I. Cuffed tubes in children: a 3-year experience in a single institution. *Paed Anaesth.* 2001;11:748-9.
- 56) Weiss m et al. Prospective randomized controlled multicenter trial of cuffed or uncuffed endotracheal tube in small children. *Br J Anaesth.* 2009;103:867-73.
- 57) Deakers TW et al. Cuffed endotracheal tubes in pediatric intensive care. *J Pediatr.* 1994;125:57-62.
- 58) Maghsoudi B et al. The effect of cuffed endotracheal tube on respiratory complication following adenotonsillectomy in children. *Med J Islamic Rep Iran.* 2010;24:151-4.



- 59) Mhanna MJ et al. The “air leak” test around the endotracheal tube, as a predictor of postextubation stridor, is age dependent in children. *Crit Care Med.* 2002;30:2639-43.
- 60) Calder A et al. Predictors of postoperative sorethroat in intubated children. *Paed Anaesth.* 2012;22:239-43.
- 61) Bordet F et al. Risk factors for airway complications during general anaesthesia in paediatric patients. *Paed Anaesth.* 2002;12:762-9.
- 62) Sathyamoorthy MK, et al. Inspiratory stridor after tracheal intubation with a MicroCuff tracheal tube in three young infants. *Anesthesiology.* 2013;118:748-50
- 63) Orliaguet GA et al. Postal survey of cuffed or uncuffed tracheal tubes used for paediatric tracheal intubation. *Paed Anaesth.* 2001;11:277-81
- 64) Eschertzhuber S et al. Cuffed endotracheal tubes in children reduce sevoflurane and medical gas consumption and related costs. *Acta Anesthesiol Scand.* 2010;54:855-8
- 65) Weiss M et al. Comparison of cuffed and uncuffed preformed oral pediatric tracheal tubes. *Paed Anaesth.* 2006;16:734-42.
- 66) Dullenkopf A et al. Fit and seal characteristics of a new paediatric tracheal tube with high volume-low pressure polyurethane cuff. *Acta Anesthesiol Scand.* 2005;49:232-7.

- 67) Salgo B et al. Evaluation of a new recommendation for improved cuffed tracheal tube size selection in infants and small children. *Acta Anesthesiol Scand*. 2006;50:557-61.
- 68) Weiss M et al Shortcomings of cuffed paediatric tracheal tubes. *Br J Anaesth*. 2004;92:78-88.
- 69) Dullenkopf A et al. Tracheal sealing characteristics of pediatric cuffed tracheal tubes. *Paed Anaesth*. 2004;14:825-30.
- 70) Weiss M et al. Intubation depth markings allow an improved positioning of endotracheal tubes in children. *Can J Anesth*. 2005;52:721-6.
- 71) Bernet V et al. Outer diameter and shape of paediatric tracheal tube cuffs at higher inflation pressure. *Anaesthesia*. 2005;60:1123-8.
- 72) Weiss M et al. Appropriate placement of intubation depth marks in a new cuffed paediatric tracheal tube. *Br J Anaesth*. 2005;94:80-7.
- 73) Bernet V et al. An in vitro study of the compliance of paediatric tracheal tube cuffs and tracheal wall pressure. *Anaesthesia*. 2006;61:978-83.
- 74) Moehrlen U et al. Scanning electron-microscopic evaluation of cuff shoulders in pediatric tracheal tubes. *Paed Anaesth*. 2008;18:240-4.

- 75) Main E et al. The influence of endotracheal tube leak on the assessment of respiratory function in ventilated children. *Intensive Care Med.* 2001;27:1788-9
- 76) Raman V et al. Effect of cuffed and uncuffed endotracheal tubes on the oropharyngeal oxygen and volatile anesthetic agent concentration in children. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2012;76:842-4
- 77) Ho AMH et al. The margin of safety associated with the use of cuffed pediatric tracheal tube
- 78) Dorsey DP et al. Perioperative use of cuffed endotracheal tubes is advantageous in young pediatric burn patients. *Burns.* 2010;36:856-60
- 79) Ong M et al. Laryngeal mask airway and tracheal tube cuff pressures in children: are clinical endpoints valuable for guiding inflation?
- 80) Tobias JD et al. Cuffed endotracheal tubes in infants and children: should we routinely measure the cuff pressure? *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2012;76:61-3.
- 81) Kako H et al. The relationship between head and neck position and endotracheal tube intracuff pressure in the pediatric population. *Paed Anaesth.* 2013;24:316-21.

- 82) Browning DH et al. Incidence of aspiration with endotracheal tubes in children. *J Pediatr*. 1983;102:582-4.
- 83) Gopalareddy V et al. Assessment of the prevalence of microaspiration by gastric pepsin in the airway of ventilated children. *Acta Paediatr*. 2007;97:55-60.
- 84) Greemberg L et al. Novel use of neonatal cuffed tracheal tube to occlude tracheo-oesophageal fistula. *Paed Anaesth*. 1999;9:339-41.
- 85) Oh AY et al. Single-lung ventilation with a cuffed endotracheal tube in a child with a left mainstem bronchus disruption. *Anesth Analg*. 2002;96:696-7.
- 86) Lucking-Famira KM et al. Cuffed endotracheal tube for occlusion of a tracheo-oesophageal fistula in an extremely low birth-weight infant. *Intensive Care Med*. 2004;30:1249.
- 87) Sheridan RL. *Pediatr Crit Care Med*. 2006;7:258-9.
- 88) Engelhardt T et al. Comparison of cuffed, uncuffed tracheal tubes and laryngeal mask airways in low pressure controlled ventilation in children. *Paed Anaesth*. 2006;16:140-3